

DOI:10.1478/C1A0802009

*Atti dell'Accademia Peloritana dei Pericolanti
Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali
Vol. LXXXVI, C1A0802009 (2008)
Adunanza del 29 novembre 2007*

ARCHIMEDE ARISTOTELICO O PLATONICO: “TERTIUM NON DATUR”?

GIUSEPPE GENTILE AND RENATO MIGLIORATO *

(Nota presentata dal Socio Aggregato Renato Migliorato)

SOMMARIO. Il presente lavoro prosegue un'opera di rilettura critica già iniziata con due precedenti pubblicazioni su Euclide nelle quali emergevano già notevoli tratti innovativi di questo scienziato rispetto alla tradizione filosofica greca, che fino ad ora erano stati sottovalutati dalla storiografia e dalla letteratura critica. Rianalizzando ora, con criteri analoghi, la figura di Archimede, questa ci appare innanzitutto liberata dal peso di una tradizione che, iniziata con Plutarco e tramandata fino ai nostri giorni, lo vorrebbe subalterno ad una concezione filosofica di origine platonica, che per altro non trova riscontro, come è unanimemente riconosciuto, nelle prevalenti correnti di pensiero a lui coeve. La rilettura delle opere, alla luce di ipotesi già avanzate in altra sede dagli stessi autori e di precedenti elaborazioni di altri autori, permette di delineare la figura di uno scienziato per molti versi più pragmatico e più moderno di quanto non si sia precedentemente ritenuto. Emerge in particolare come problemi metafisici quali quelli della *verità* e delle *cause prime*, centrali nella tradizione platonico-aristotelica, vengano in qualche modo elusi, o almeno sospesi, dallo scienziato siracusano, in favore di una più esatta e puntuale modellizzazione del mondo fenomenico che lo renda prevedibile e controllabile anche attraverso le tecnologie.

ABSTRACT. The aim of the present paper is to continue a critical study on Hellenistic Sciences. Such a study began with some previous papers on Euclid, where some remarkable aspects of the Alexandrian mathematician emerged; in particular, we focused on some characters, innovative with respect to the previous Greek philosophical tradition and undervalued until now by historiography and critical literature. Here, the figure of Archimedes is analysed in the light of previous results and consequent criteria; he is freed from a long tradition, started with Plutarch, that sees the Sicilian scientist inside a Platonistic (in some sense) paradigm or, inversely, in an Aristotelian one. The re-reading of his works in the light of the new hypotheses, as expressed by other authors and scholars, allows us to delineate a more pragmatic and modern figure of scientist. In particular, some metaphysical problems as those concerning the *Truth* and *Prime Causes*, that were central in the Platonic-Aristotelian tradition, are in such a way avoided or suspended, in favour of more exact and appropriate modelling tools that make the phenomenical world more predictable and controllable also by technologies.

1. Introduzione

Il presente lavoro si pone su una linea di ricerche tendenti a rivedere criticamente la tradizionale immagine che si ha delle scienze nell'antichità greca, ed in modo particolare in epoca ellenistica. Nel corso del XX secolo, l'idea di una continuità culturale ininterrotta

che, passando da Platone ed Aristotele, trasferisca poi direttamente nella scienza ellenistica i contenuti di pensiero dei due grandi filosofi, è stata più volte messa in discussione, ma senza che da ciò derivasse un effettivo cambiamento della prospettiva epistemologica. Negli ultimi anni, tuttavia, i tentativi di revisione critica si sono fatti più impegnativi ed espliciti, negando quella continuità che spesso viene sottesa da espressioni come “la matematica greca”, lo “spirito dei greci” o “la civiltà greco-romana”. Anche lo stesso concetto di “ellenismo”, se si include in esso tanto la cultura della *koiné* (Regni ellenistici e città greche dell’Italia Meridionale) quanto l’influenza della cultura greca nel mondo romano, rischia di avvalorare implicitamente una continuità fondata più sull’autoidentificazione della cultura romana imperiale con la tradizione greca che non sugli effettivi percorsi storici e culturali del mondo antico. Questa distinzione appare essenziale per il nostro discorso quando si pensa, per esempio, a scienziati alessandrini di epoca romana, a partire da Erone, la cui datazione posta da Neugebauer nel primo secolo d.C. non sembra ormai discutibile. Ciò è di estrema importanza ai fini di quel paradigma della discontinuità entro cui abbiamo sviluppato le nostre analisi. Infatti, l’intera tradizione interpretativa di Archimede (come pure di Euclide) è a sua volta fondata su una tradizione di commenti che verosimilmente ha avuto inizio proprio in quella fase storica. Vogliamo dire, in altri termini, che l’intera tradizione interpretativa risente in modo significativo di commenti e testimonianze il cui inizio, al di là della distanza temporale (oltre due secoli), ha avuto luogo in condizioni politiche, culturali e spirituali profondamente mutate.¹ È perciò che intendiamo precisare fin dall’inizio che il nostro riferimento all’ellenismo è limitato superiormente entro la metà del 2° secolo a.C., avendo posto come termine la diaspora causata nel Museo di Alessandria da Tolomeo VIII Evergete. Per quanto riguarda, in particolare, la figura di Archimede, l’immagine che viene tramandata nella storia continua ad essere pesantemente condizionata soprattutto da un celebre passo di Plutarco e, in misura forse minore, dalle poche notizie tratte da Livio, Polibio e Cicerone. La tradizione interpretativa che ne deriva, a partire dalla riscoperta rinascimentale fino all’inizio del Novecento, si consolida a tal punto da non sembrare scalfita, se non in modo superficiale, dalla stessa scoperta e dalla divulgazione da parte di Heiberg di un codice i cui contenuti non avvalorano certo l’immagine di un Archimede platonico².

Il ritardo nella revisione di tale immagine non è però né sorprendente né casuale, ma è legato alla difficoltà di individuare un diverso quadro teorico entro cui collocare una tradizione di ricerca della quale si posseggono oggi alcuni testi scientifici, ma il cui contesto culturale è testimoniato, come già detto, quasi esclusivamente da documenti di epoca

¹V. le precisazioni alla pagina seguente e in particolare la nota 4.

²La difficoltà di lettura del documento, scoperto da Heiberg nel 1906 a Costantinopoli, sta nel fatto che i testi di Archimede vi erano stati cancellati quasi per intero dai monaci al fine di riutilizzare le pergamene facendone un libro di preghiere. La parte più leggibile è stata recuperata e pubblicata dallo stesso Heiberg in seno alla propria edizione dell’opera completa di Archimede. Perduto durante la prima guerra mondiale, il palinsesto è riapparso nel 1998 in un’asta presso Christie’s. Custodito presso il Walters Art Museum di Baltimora, è stato sottoposto a restauro e si spera di poterne ricavare nuove informazioni utilizzando tutte le più moderne metodologie di analisi. Non è escluso, infatti, che da esso possano ancora venire delle sorprese, ma è certo che qualunque novità si dovesse eventualmente riscontrare, una maggiore comprensione della figura del grande siracusano può venire solo nel quadro complessivo di un’analisi globale, storica filologica ed epistemologica, a cui gli autori si propongono di contribuire con questo articolo.

posteriore, risultandone quindi filtrato da prospettive filosofiche, ideali e spirituali profondamente mutate. La ricerca di cui il presente lavoro costituisce una tappa, si propone come un contributo nella direzione indicata e si aggiunge ad altri interventi di revisione critica apparsi negli ultimi anni. In particolare la presente nota è connessa ad un'altra, in corso di pubblicazione, sull'opera di Archimede (Gentile e Migliorato [1]) e si pone nell'ottica di precedenti pubblicazioni, sempre degli stessi autori, sull'opera di Euclide (Gentile e Migliorato [2], Migliorato [3]), dove venivano individuati nell'opera del matematico alessandrino sostanziali elementi di rottura con la concezione delle "scienze dimostrative" così come delineata negli scritti di Aristotele a noi giunti, elementi che vengono rintracciati più esplicitamente e con maggiore consapevolezza nell'opera di Archimede. Riteniamo pertanto utile richiamare, anche se in maniera schematica, quanto già descritto in tali lavori, rimandando senz'altro ad essi per una più approfondita ed esaustiva analisi³. Preliminarmente però riteniamo utile una precisazione che chiarisca in modo inequivocabile i termini e le premesse metodologiche del nostro lavoro. Riteniamo che una ipotesi di discontinuità storica, come quella da noi avanzata, non possa essere sottoposta a controllo, qualunque ne sia l'esito, se non in maniera radicale, assumendola cioè, sia pure provvisoriamente, nella sua interezza e come paradigma globale. Questo può trovare conferma (o essere respinto) solo sulla base della propria coerenza interna e per la sua capacità di sciogliere le contraddizioni di un paradigma rivale. Risulterebbe invece di estrema facilità l'invalidazione di ciascuno dei due paradigmi se si utilizzassero ipotesi fondate sul paradigma rivale. È per ciò che, pur consapevoli del carattere di forte congetturalità delle ipotesi avanzate (ma in questo campo tutto è congetturale), pensiamo che valga la pena di esplorarle fino in fondo, convinti per altro che i risultati fino ad ora ottenuti possano incoraggiarne la prosecuzione⁴.

³ Un esplicito riferimento va fatto inoltre ad un voluminoso saggio di Borzacchini [4] che essendo stato pubblicato nello stesso anno di [2, 3] non poteva essere allora conosciuto dagli autori. Per ciò che può essere particolarmente significativo in questa sede riteniamo utile citare i seguenti passi: «la struttura concettuale degli *Elementi* è invece [in opposizione alla struttura della scienza deduttiva aristotelica], quando la si guardi con maggiore attenzione, segno di una transizione complessa, in qualche modo erede dell'impostazione pitagorica e di una filosofia platonica, ma soprattutto punto di raccolta di una vasta tradizione matematica» e ancora «E in realtà Euclide non sembra tanto derivare da Platone/Aristotele quanto dividerne le radici. [...] Quella che appare è soprattutto una 'somiglianza di famiglia' fra le tendenze filosofiche e la pratica matematica del IV secolo» ([4], p. 236). Partiamo da questa citazione anche per rispondere a qualche perplessità che ci è stata espressa prima della pubblicazione del presente lavoro circa la questione del *signum* platonico o aristotelico. Osserviamo a tale proposito che sebbene essa non sembri più essere al centro del dibattito tra gli studiosi, tuttavia non ci sembra ancora superata in maniera soddisfacente non bastando a tale scopo il semplice fatto di tenerla ai margini o il riconoscimento di un ruolo autonomo, nel quarto secolo, dei matematici rispetto ai filosofi, cosa peraltro di cui siamo convinti assertori. Riteniamo invece che la «somiglianza di famiglia tra le tendenze filosofiche e la pratica matematica del IV secolo» di cui parla Borzacchini nel passo riportato sopra, non è certo un fatto del tutto accidentale e non crediamo che tuttora siano pienamente chiariti i rapporti tra filosofia e scienza nell'antichità greca, né le dinamiche evolutive all'interno del pensiero scientifico dalla sua incubazione fino alla decadenza del mondo antico. In quest'ottica e all'interno di questo quadro di riferimento vanno lette le ipotesi di discontinuità epistemologica sviluppate nel corso della nostra analisi.

⁴ Quella delle continuità-discontinuità del periodo ellenistico rispetto ai periodi precedente e seguente e all'interno dello stesso periodo, è una questione molto complessa che parte almeno dal XIX secolo con Johann Gustav Droysen [9] a cui si deve anche la parola *ellenismo*. Se però le discontinuità politiche sono evidenti e non ragionevolmente controvertibili, più difficile è il problema per ciò che riguarda gli aspetti sociali e soprattutto culturali. La questione diventa ancora più difficile se si tiene conto delle sostanziali differenze tra i territori della madre patria greca, quelli delle colonie e quelli derivanti dalle conquiste di Alessandro, dove (e ciò vale in

Veniamo dunque a riassumere, come annunciato, alcuni passaggi essenziali dei lavori citati. Da un attento confronto tra la soluzione data da Euclide alla questione delle parallele e numerosi passi di Aristotele sull'argomento, si può desumere che prima di Euclide non fossero chiaramente distinti il problema dell'esistenza e quello dell'unicità delle parallele⁵. Questo spiegherebbe, senza dover ricorrere alle annose quanto improbabili ipotesi

particolare per l'Egitto) rimane ancora controverso e non del tutto chiarito il ruolo delle preesistenti culture locali e il rapporto dei greci con le vecchie classi dirigenti autoctone. Tuttavia, la diversità del periodo compreso tra l'inizio del terzo secolo e la metà del secondo secolo a.C., viene sempre più riconosciuta in diversi campi della cultura e della stessa organizzazione sociale. Nel campo artistico, per esempio, tale diversità, sia pure interpretata in senso negativo come decadenza, è testimoniata già dallo stesso Plinio il Vecchio; oggi se ne riconosce invece tutta l'originale vitalità intesa come superamento di un concetto statico di "bellezza" e come ricerca di nuovi moduli espressivi anche attraverso la rappresentazione dell'uomo in tutti i possibili momenti della sua esistenza. Né viene posta in discussione la diversità del pensiero filosofico che, abbandonati i grandi sistemi metafisici, segue vie diverse per cercare di rispondere agli interrogativi più urgenti che riguardano l'etica e le modalità e l'effettività della conoscenza scientifica. Se tutto ciò è abbastanza palese ed ampiamente accettato per ciò che va dalla politica alla filosofia, non altrettanto avviene per ciò che riguarda settori scientifici quali la matematica, la meccanica, l'astronomia, proprio perché in questi ambiti mancano i testi scientifici precedenti con cui confrontare quelli noti del terzo secolo. Si potrebbe sostenere che in un mondo che cambia globalmente, l'onere di provare la non discontinuità in singoli settori dovrebbe spettare ai continuisti, e tuttavia il dibattito permane aperto, anche per il peso di una lunga tradizione fondata in gran parte su testimonianze ampiamente posteriori. Nulla vieta, in astratto, di pensare che i caratteri da noi attribuiti a scienziati di epoca alessandrina, quali sono Euclide ed Archimede, possano essere già presenti nelle opere scientifiche del quarto secolo, né sarebbe difficile, magari con qualche forzatura interpretativa, trovarne gli indizi in testimonianze postume. Del resto, già in [3] Migliorato, nel definire ciò che convenzionalmente viene chiamato "paradigma euclideo", consapevole dell'inevitabile carattere congetturale delle questioni in oggetto, avverte come non sia possibile escludere una preesistenza in qualche forma di tale paradigma. Si può ora aggiungere che in un lavoro di Sarritzu [10], si mette in evidenza come l'*Armonica* di Aristosseno realizzi un esempio di parziale evoluzione o comunque di incerta tendenza verso il cosiddetto "paradigma euclideo". Ciò è significativo perché, pur non essendo un testo strettamente matematico, quello di Aristosseno è tuttavia l'unico testo pre-euclideo a noi giunto che presenti una struttura ipotetico-deduttiva sia pure imperfetta. Resta comunque il fatto che una retrodatazione piena del "paradigma euclideo" dovrebbe essere accompagnata da una complessiva rilettura storiografica in grado di spiegare le ragioni di una scienza "pragmatica" e senza intenti di "verità" all'interno di società economicamente e tecnologicamente limitate e ristrette alla *polis*, prive comunque di una proiezione istituzionalizzata e "pubblica" dell'impresa culturale, come invece si ritrova per la prima volta nel Museo di Alessandria. Sempre in [3], oltre che in [2], gli autori citano ampiamente Aristotele non in quanto rappresentativo del pensiero scientifico, ma in quanto testimone, sicuramente più attendibile di quanto non lo siano autori di età molto più tarda, degli studi matematici coevi. Anche su questa base (ma non solo, e lo si evince dal presente lavoro) gli autori pongono la tesi di una discontinuità epistemologica tra il quarto e il terzo secolo a.C., comprensibile però solo a condizione che se ne supponga un'altra di segno diverso nel corso del secondo secolo. Quest'ultima, d'altra parte, è più facilmente riscontrabile, data la presenza di testi a noi giunti di entrambi i periodi, e può essere riconosciuta se si riflette su alcuni fatti ben noti, tra cui: 1) l'apparizione e l'affermarsi del "commento" che finisce rapidamente col prevalere sulla produzione di risultati originali, 2) l'inizio dei tentativi di "dimostrare" il quinto postulato di Euclide, 3) l'apparizione di opere, come le *Definizioni* di Erone, di cui non si capirebbe il senso in epoca precedente, ma ormai spiegabile come strumento di comprensione di un sapere scientifico non del tutto attuale.

⁵ In un saggio pubblicato in italiano nel 1997 [5], il filosofo ungherese Imre Toth mette in evidenza numerosi passi di Aristotele in cui si fa riferimento ad ipotesi geometriche non euclidee, che sono tra loro equivalenti e che appaiono come logicamente non decidibili. Secondo Toth questo provverebbe la consapevolezza da parte del filosofo stagirita della necessità di una qualche ipotesi equivalente al quinto postulato di Euclide, altrimenti non dimostrabile. Ciò che sfugge a Toth è però il fatto che tutti i brani di Aristotele da lui citati riguardano ipotesi equivalenti non alla negazione del quinto postulato ma alla negazione dell'esistenza delle parallele (come l'ipotesi, ad esempio, che la somma degli angoli interni di un triangolo sia maggiore di due retti). Un'ipotesi quindi che, ben prima di usare il suo quinto postulato, Euclide dimostrerà impossibile se si accetta la prolungabilità

di incertezze da parte del matematico alessandrino, il rinvio alla Proposizione I, 29 dell’uso del quinto postulato. In tal modo, infatti, egli avrebbe risposto implicitamente ad una precedente impostazione scorretta, dimostrando prima due teoremi (Proposizioni I, 27 e I, 28) che assicurano l’esistenza delle parallele indipendentemente dal quinto postulato, per poi dimostrare, con l’uso del quinto postulato, quegli enunciati che in Aristotele sembrano appunto confondersi con il problema dell’esistenza⁶. Tutto ciò si dimostra di notevole rilevanza, perché eliminando l’ipotesi di una presunta incertezza del Nostro verso un postulato “poco evidente” e non “sicuramente indimostrabile”, si toglie anche il principale ostacolo nel pensare l’opera di Euclide come “neutrale” rispetto al problema metafisico della verità. Questa conclusione è poi supportata anche da ulteriori analisi su punti specifici di opere come l’*Optica* e i *Phaenomena*, nonché da un lavoro di Lucio Russo che riconosce come apocrife le prime sette definizioni del primo libro degli *Elementi* [6]. Infine, va in questa direzione anche una recente monografia dello stesso Russo [7] che, con grande dovizia di riferimenti documentali, mette in evidenza la diversità e l’originalità della scienza alessandrina, sia rispetto al periodo precedente (IV sec. a.C.) sia rispetto alla successiva epoca imperiale romana⁷. Un ulteriore approfondimento viene compiuto nel secondo dei lavori citati, dove l’opera di Euclide, analizzata alla luce di una interpretazione sufficientemente libera del concetto kuhniano di paradigma⁸, si presenta ancora più marcatamente distante dalla concezione aristotelica. Mentre infatti l’*autoevidenza* delle premesse è per Aristotele l’unico criterio di validità di una scienza deduttiva, in Euclide il criterio di validazione sembra potersi concretizzare nella capacità di dare fondamento rigoroso a una pratica pre-esistente di risoluzione di problemi (è il caso degli *Elementi*) o di “salvare i fenomeni” (σώζειν τὰ φαινόμενα)⁹ (è il caso dell’*Optica* e dei *Phaenomena*). In ogni caso, ciò che sembra caratterizzare il nuovo paradigma appare come uno slittamento del momento di

indefinita della retta. Ipotesi quest’ultima che altrove Aristotele dava per scontata. Detto altrimenti, le ipotesi di geometria non euclidea riscontrabili in diversi momenti della riflessione di Aristotele (dagli *Analitici Secondi* al *De Caelo* e fino all’*Etica Nicomachea*), non è quella geometria iperbolica che nel corso del secolo XIX porrà fine alla secolare “questione delle parallele”, ma piuttosto quella ellittica in cui le parallele non esistono. Ma questa è, come dimostrerà Euclide, in netto contrasto con l’idea, considerata evidente dallo stesso Aristotele, della potenzialmente indefinita prolungabilità della linea retta.

⁶ Nulla indica, naturalmente, che Euclide intendesse rispondere in modo specifico proprio alle argomentazioni di Aristotele, argomentazioni che poteva invece non conoscere, essendo contenute nelle opere “esoteriche” del filosofo stagirita. Sicuramente però i brani di Aristotele stanno a testimoniare di un problema che nel suo tempo doveva essere aperto. La risposta di Euclide, dunque, non solo si presentava esaustiva ma, implicitamente, poneva in evidenza che, espresso nei termini che noi possiamo oggi riscontrare in Aristotele, il problema era mal posto.

⁷ Si cita qui il saggio di Russo in relazione alla tesi comune di un percorso evolutivo e discontinuo nella scienza antica. Differenze significative, di carattere epistemologico e metodologico sono state però da noi espresse soprattutto in [3]. A tale proposito cfr. nota 63.

⁸ In [3] si precisa che il concetto di paradigma introdotto da Kuhn, viene dall’autore utilizzato molto liberamente, e non come rigida e totale adesione alla visione kuhniana della scienza. Ciò intanto si rende necessario perché il concetto originale, così come viene da Kuhn precisato nel postscript alla seconda edizione di *The structure of scientific revolution*, difficilmente si potrebbe applicare in modo corretto alla scienza antica, anche per carenza di informazione sull’esistenza o meno di prassi veramente condivise in qualcosa che possa chiamarsi comunità scientifica. Ma vi è ancora una ragione più profonda, ed è che l’autore non crede alla possibilità di fondare sistemi globali e stabili per definire la scienza e i suoi metodi; crede invece che ogni strumento di analisi deve misurarsi sul campo per guadagnarsi una fetta provvisoria e parziale di credibilità.

⁹ Sull’uso e sul significato dell’espressione e sulle tematiche ad essa collegate, vedi [8]; su di essa ritorneremo in maniera più approfondita nei successivi paragrafi 3 e 6.

validazione delle premesse: mentre il precedente criterio si fondava sui caratteri propri e immediati delle premesse stesse, ora il nuovo criterio agisce sulle conseguenze logiche di esse. Per evidenziare tale caratteristica e per metterla in contrapposizione con quanto espresso da Aristotele, tale criterio è stato da noi chiamato “validazione a posteriori”. Del resto lo stile delle opere scientifiche del terzo secolo, rigorosamente tecniche e prive di spiegazioni e commenti, lascia presumere che volutamente gli autori volessero tenersi fuori dalle dispute filosofiche del tempo, evitando ogni pronunciamento di carattere metafisico. È con questo significato che in [3] si parla di un “paradigma aristotelico” che verrebbe sostituito da un “paradigma euclideo”, precisando anche qui che tali espressioni vanno intese in senso convenzionale, cioè che un paradigma (inteso genericamente come tradizione di risoluzione di problemi), assimilabile ad una concezione della scienza così come espressa da Aristotele, viene sostituito da un paradigma il cui primo esempio a noi noto è rintracciabile nelle opere di Euclide: l’espressione “rivoluzione euclidea” non è quindi intesa come assegnazione certa ad Euclide, ed a lui solo, del mutamento di paradigma¹⁰. La tradizione del commento, introdotta più tardi e di cui si hanno i primi esempi con Erone e Diofanto¹¹, sembra invece testimoniare un nuovo profondo mutamento di prospettiva epistemologica, che potrebbe essere intervenuto per due ragioni fondamentali: 1) l’interruzione di un’intensa attività organizzata di ricerca e di insegnamento; 2) la crescente egemonia romana ha costretto a rivedere le priorità (politiche, sociali, filosofiche, ...) rendendo indirettamente poco attraente, agli occhi dell’intellettuale di cultura greca, una scienza che “salva i fenomeni” ma che non si pronuncia sulla *verità*.

Proseguendo in questa direzione, in [1] viene analizzata la figura e l’opera di Archimede, soffermandosi, in particolare, sulle assunzioni fatte dal Siracusano in alcune opere e sul concetto di centro di gravità, centrale in tutta la sua Meccanica. Sebbene i temi lì trattati siano inevitabilmente intrecciati con quelli della presente nota, essendo entrambi parte di una più vasta ricerca, in queste pagine vogliamo mettere in evidenza gli aspetti più marcatamente epistemologici che si possono trarre da tale analisi e che, per ragioni di spazio e di coerenza, sono stati lasciati fuori da quel lavoro. In particolare, vorremmo evidenziare come Archimede (ma il discorso si potrebbe allargare alla scienza ellenistica in generale) sia uno degli attori di una “rottura epistemologica” rispetto ad una tradizione platonico-aristotelica: nella troppo spesso riproposta dicotomia fra Aristotelismo e Platonismo, Archimede si collocherebbe cioè, insieme ad Euclide, in una posizione alternativa e di autonomia di ricerca.

Un’ultima notazione prima di procedere oltre: qualcuno potrebbe osservare che nel presente lavoro sono stati omessi molti (o forse la maggior parte) dei possibili riferimenti alla tradizione degli studi archimedei. Non è certo perché se ne sottovaluti l’importanza storica. Basti pensare, a tale proposito, che sulla tradizione Rinascimentale si è sviluppato il pensiero scientifico moderno. Ma per gli scopi che ci siamo proposti, e in questa fase della

¹⁰ È ovvio che l’assenza di elementi documentali che provino l’esclusiva attribuzione ad Euclide della rottura epistemologica di cui si parla, non consente a maggior ragione di concludere in senso contrario.

¹¹ Il fatto che non si conoscano esempi di Commenti più antichi di quelli di Erone e Diofanto, non costituisce ovviamente una prova assoluta che non ve ne siano stati. Tuttavia appare plausibile e ben fondata l’ipotesi che pone l’inizio della tradizione dei commenti nel primo secolo d.C., (o al più nel primo sec. a.C., se assumiamo come indizio la notizia, tramandata da Proclo, circa il noto tentativo di Posidonio di dimostrare il quinto postulato di Euclide).

ricerca, la maggior parte di quei riferimenti sarebbe stata fuorviante, oltre ad appesantire inutilmente il testo.

2. Una questione preliminare

Alla fine del precedente paragrafo abbiamo accennato ad una dicotomia fra Aristotelismo e Platonismo e ciò non solo nei riguardi di Archimede. Prima di entrare nel vivo ed al fine di evitare fraintendimenti, vorremmo chiarire i termini della questione.

Intanto parleremo di "tradizione platonico-aristotelica" riferita all'ambito delle scienze esatte, non intendendo con ciò assimilare all'attività del filosofo quella specifica di chi svolgeva tecnicamente un lavoro di ricerca in uno dei campi particolari della geometria, dell'aritmetica, della musica o di altro. Che tale distinzione vi fosse è assolutamente banale perché testimoniato dalle stesse opere di Platone¹² e, ancor più, di Aristotele, il quale assegnava peraltro un posto importante alle scienze particolari. La questione a cui siamo invece interessati è quella di comprendere se e quanto sia presente l'influenza del pensiero filosofico di tradizione platonico-aristotelica relativamente alle questioni fondamentali dell'*essere* e della *verità*. La questione in altri termini sta nell'opposizione tra una fondazione metafisica e una fondazione empirica, indipendentemente, per quanto possibile, da quali siano poi gli effettivi percorsi dello sviluppo tecnico di ciascuna scienza¹³.

In secondo luogo vogliamo esplicitare il fatto, storicamente affermato, che sotto la denominazione di platonismo e di aristotelismo (e loro derivati) si trovano molte accezioni per cui, a volte, può accadere di poter affermare che un autore, una ricerca, un trattato o quant'altro, è platonico (o aristotelico) per certi aspetti e non lo è per altri, senza per ciò cadere in contraddizione. Trovare una soluzione univoca a questa difficoltà non è certamente possibile; basterà, ed è questo che faremo, limitare il significato di tali termini: in particolare parleremo di *platonismo* con riferimento alla concezione della scienza intesa come ricerca pura e disinteressata di una *verità* che esiste *oggettivamente* prima di ogni pensiero e di ogni scienza, dunque indipendente dal *logos*, mentre parleremo di *aristotelismo* con riferimento alla concezione delle "scienze dimostrative", così come risultano espresse dalla combinazione degli *Analitici Primi* e degli *Analitici Secondi*. In particolare, ci riferiamo alla condizione, più volte ribadita da Aristotele, che le premesse da cui prende avvio una dimostrazione devono essere «vere, indimostrabili, più generali delle proposizioni dimostrate, ...»¹⁴.

¹² Per esempio «coloro che si occupano di geometria, di calcoli e di simili studi, ...» (Platone, *Resp.*, VI, 510 c in Platone, *Opere complete* (risorsa elettronica), a cura di Gabriele Giannantoni, Laterza multimedia, 1999). In genere Platone usa espressioni di questo tipo per quanti coltivano branche particolari della scienza e delle arti. Quanto ad Aristotele, riteniamo che ogni citazione sia superflua dal momento che l'articolazione in scienze particolari costituisce un momento essenziale del suo pensiero.

¹³ Per approfondimenti su tale questione si veda quanto affermato da Knorr [11]; ad esempio così l'autore si esprime a p. 11: «It seems to me, for instance, that the technical activity of problem solving in mathematics and other fields is never particularly sensitive to external factor, like the opinions of one or another school of philosophers. To be sure, the line of division may be difficult to draw sharply in some cases, and what start as external considerations might sometimes, through a very subtle process, become part of the internal conditions of research activity. But I do not imagine the ancient geometers as constantly looking over their shoulder. [...] The notion that ancient mathematics was somehow a vast exercise in dialectical philosophy must miss a very important point: that geometry is rooted in an essentially practical enterprise of problem solving».

¹⁴ Torneremo su tutta la questione, qui solo accennata, nel paragrafo 5.

Più problematica potrebbe risultare la terza questione, anch'essa presente storicamente, quella cioè dell'uso, talvolta arbitrario, dell'equazione *non-aristotelico* = *platonico*. Solo per fare un esempio, ci sembra chiaro come Koyré, nei suoi *Studi Galileiani*, faccia ricadere la figura di Galileo sotto l'influsso platonico, semplicemente mostrando che il metodo dello scienziato italiano era opposto a quello del filosofo stagirita¹⁵. In altre parole vogliamo sottolineare il fatto che, implicitamente o esplicitamente, non solo ci si è sforzati di far rientrare in queste categorie (*platonico* o *aristotelico*) anche figure, come Archimede, che a priori non possono essere ingabbiate da questa o quell'altra etichetta, ma, di più, a volte si è andati oltre questa forzatura, interpretando loro e le loro produzioni, come se queste due categorie (*platonico*, *aristotelico*) dovessero essere assunte come incompatibili, ma anche come esaustive di tutte le possibili espressioni del pensiero scientifico, almeno in ambito greco-ellenistico. Cioè, per rifarci proprio ad una delle espressioni più famose della logica aristotelica, come se ci fosse da scegliere solo fra due opzioni: *tertium non datur*¹⁶. È questo il senso della accennata dicotomia, dalla quale però, a nostro avviso, la storiografia critica dovrebbe liberarsi in modo più deciso per una migliore comprensione non solo dell'opera di Archimede, ma di tutta la produzione scientifica a lui coeva.

Prima di entrare nella parte centrale del nostro discorso, riteniamo necessario ricordare che il contenuto, su cui si sviluppa la presente nota, si intreccia con alcune considerazioni trattate in [1]. Qui pertanto, quando sarà necessario, faremo dei semplici riferimenti a tale lavoro, cui in ogni caso rimandiamo per ogni ulteriore approfondimento.

3. Alcune riflessioni sul significato dei Postulati

Le questioni cui si faceva cenno alla fine del precedente paragrafo sono essenzialmente due:

- (1) le ipotesi fatte da Archimede all'inizio di alcune sue opere; in particolare, la differenza di ipotesi riscontrabili tra i due libri del *De Corporibus Fluitantibus* e l'uso del cosiddetto Postulato di Eudosso-Archimede;
- (2) le questioni riguardanti il centro di gravità e la sua eventuale definizione.

Nel presente paragrafo ci occuperemo del primo di tali punti, iniziando proprio dal *De Corporibus Fluitantibus*, e più precisamente dall'ipotesi con cui si apre il primo libro di tale scritto¹⁷:

Si supponga che il liquido abbia natura tale, che delle sue parti ugualmente disposte e continue, quella meno compressa venga spinta da quella più compressa, e che ciascuna delle sue parti sia compressa secondo la perpendicolare [= verticale] dal fluido situato sopra di essa, a meno che il liquido non sia contenuto dentro un [recipiente], e non sia compresso da qualunque altra [causa].

¹⁵ Su tale questione vedi anche quanto affermato da Cambiano [12].

¹⁶ Per amore di formalismo, se indichiamo con A e P gli insiemi, rispettivamente, degli Aristotelici e dei Platonici, la precedente affermazione si traduce nel fatto che ogni personaggio appartiene ad A o a P, ovvero nel fatto che $A \cup P$ rappresenta l'insieme universo (di tutte le possibili interpretazioni): donde la già accennata dicotomia.

¹⁷ Ὑποκείσθω τὸ ὑγρὸν φύσιν ἔχον τοιαύταν, ὥστε τῶν μερέων αὐτοῦ τῶν ἐξ ἴσου κειμένων καὶ συνεχέων ἐόντων ἐξωθεῖσθαι τὸ ἥσσον θλιβόμενον ὑπὸ τοῦ μᾶλλον θλιβομένου, καὶ ἕκαστον δὲ τῶν μερέων αὐτοῦ θλίβεσθαι τῷ ὑπεράνω αὐτοῦ ὑγρῷ κατὰ κάθετον ἐόντι, εἰ καὶ μὴ τὸ ὑγρὸν ᾗ καθειγμένον ἐν τινὶ καὶ ὑπ' ἄλλου τινὸς θλιβόμενον ([13], v. II, p. 318; [14], p. 525).

In tale premessa a tutta l'opera, che può essere considerata come un vero e proprio Postulato¹⁸, viene quindi supposto che le linee, secondo cui viene esercitata la pressione di un liquido, convergano al centro della Terra (linee verticali). Da tale ipotesi Archimede riesce a dimostrare varie proprietà riguardanti un liquido in stato di riposo, dando così inizio a quella che oggi viene chiamata Statica dei liquidi; fra le tante, vogliamo ricordare la Proposizione I, 2¹⁹:

La superficie di un liquido che si trovi in riposo avrà la figura di una sfera avente come centro lo stesso centro della Terra.

Viene data così una spiegazione in termini rigorosamente matematici delle sfericità della superficie del mare, in contrapposizione con quella fornita un secolo prima da Aristotele e priva, come è lecito attendersi, di rigore matematico²⁰. A tal proposito occorre richiamare quanto già detto sulla diversità di atteggiamento tra Aristotele ed Euclide nei confronti dei principi primi posti a fondamento della scienza. Mentre infatti per Aristotele questi dovevano essere «veri, evidenti, indimostrabili e massimamente universali», per Euclide, secondo le nostre conclusioni, ciò non sarebbe stato necessario, essendo sufficiente anche una «validazione a posteriori». È proprio in quest'ultima direzione che sembrano andare le «richieste» archimedee, cioè quella in cui gli assiomi non sono necessariamente «veri» a priori, ma possono essere «funzionali» a posteriori. Ad avvalorare ancora di più l'ipotesi di una convenzionalità nell'uso degli assiomi in Archimede, basti continuare con la lettura del secondo libro del *De Corporibus Fluitantibus*. In tale libro, infatti, Archimede si pone, senza dare nessun tipo di avvertenza, nel caso di piccole porzioni di liquido (piccole rispetto alle dimensioni della Terra); ciò si evince dal fatto che le linee di forza, che nel primo libro erano supposte verticali, e quindi convergenti al centro della Terra, vengano adesso considerate parallele²¹.

Le ipotesi del primo e del secondo libro sono quindi tra loro discordanti e appaiono in palese contraddizione. Ovviamente si può subito osservare come l'ipotesi del parallelismo

¹⁸ Vogliamo qui precisare che, nel periodo di cui ci stiamo occupando, con il termine postulato (ἀπὸ τοῦ ἀποδείκναι) veniva indicato non solo un enunciato di cui si accettava la verità, ma anche un enunciato ipotetico di cui si chiedeva di ammettere, almeno in via provvisoria, la validità (Aristotele, *An. Post.*, 76 b 27-31). Inoltre, anche se questo concetto verrà discusso ampiamente nel corso del presente lavoro, è da sottolineare come tutto il primo libro del *De Corporibus Fluitantibus* si sviluppi sulla base di quel «Si supponga» (ἢ ὅτι οὕτως ἔστω).

¹⁹ «Omnis humidi consistentis ita, ut maneat immotum, superficies habebit figuram sphaerae habentis centrum idem cum terra.» ([13], v. II, p. 319; [14], p. 526). Notiamo che qui Heiberg usa il latino a causa di una lacuna nel testo greco. A ciò egli supplisce utilizzando la traduzione latina dovuta a Guglielmo di Moerbeke, unica versione disponibile di quest'opera, in epoca moderna, fino alla scoperta del manoscritto greco avvenuta all'inizio del XX secolo (V. pag. 2 e in particolare la nota 2).

²⁰ Cfr. Aristotele, *De Coelo*, 287b 4-14. Così, ad esempio, Aristotele argomenta: «Ma che la superficie dell'acqua sia come abbiamo detto [cioè sferica, n.d.a.], è evidente, quando si parta dal fatto che per natura l'acqua tende sempre a raccogliersi nelle parti più cave; ma "più cavo" è ciò che si trova più prossimo al centro.» (Aristotele, *Opere*, v. 2, Laterza, 1973, trad. Oddone Longo). Su questa ed altre contrapposizioni fra Archimede ed Aristotele nei confronti di alcune questioni di carattere scientifico, vedi quanto affermato da Mugler ([15], Tome III, p. 4 e [16]).

²¹ Così, ad esempio, si esprime Mugler: «Dans le livre I, Archimède suppose que les lignes droites, suivant lesquelles le corps pesants, et les portions de liquide en particulier, exercent leur pression, convergent au centre de la terre, alors qu'au livre II il suppose ces lignes parallèles. Les propositions du deuxième livre ne sont donc valables que pour des corps de dimensions restreintes, à l'échelle humaine, pour lesquelles les verticales peuvent être considérées comme parallèles, alors que les conclusions du livre I s'appliqueraient aussi à des corps ayant des dimensions de l'ordre de la terre.» ([15], Tome II, pp. 3-4).

tra le forze di gravità venga applicata nel secondo libro in contesti nei quali l'ampiezza dello spazio considerato è sufficientemente piccola rispetto alle dimensioni della Terra. Si potrebbe allora ipotizzare che Archimede ponga come *vero* il postulato del primo libro e utilizzi nel secondo un'ipotesi approssimata che nelle condizioni date (per piccole porzioni di spazio) non dia luogo a differenze osservabili. Ora, anche se ci fermassimo a questa spiegazione²², è facile comprendere come ciò sarebbe già abbastanza distante da una concezione platonica. Per il filosofo ateniese, il discorso scientifico (επιστήμη) non può mirare che alla conoscenza della verità, al di là di ogni apparenza osservabile. Il fatto che le differenze derivanti dalle due ipotesi non siano, nel caso specifico, rilevabili dalle nostre capacità percettive, non cambierebbe in alcun caso la *verità* delle cose e non avrebbe pertanto un significativo valore gnoseologico. Né si potrebbe considerare rilevante il fatto che le conoscenze acquisite nel secondo libro sarebbero comunque valide ai fini pratici²³, senza con ciò ribaltare la fondamentale gerarchia di valori che l'intera tradizione interpretativa attribuisce alla filosofia platonica.

Si potrebbe ancora obiettare che, secondo alcune fonti, Platone avrebbe ammesso come talora opportuna la ricerca di *spiegazioni* volte a *salvare i fenomeni*. La notizia ci è pervenuta tramite Simplicio che nel commento al *De Caelo* così si esprime²⁴:

Primo dei Greci Eudosso di Cnido (così riferisce Eudemo nel secondo libro della Storia dell'astronomia e Sosigene riporta da Eudemo) ha fama di aver assunto queste ipotesi, dopo che Platone (come dice Sosigene) aveva proposto a quelli che si occupavano di queste cose il seguente problema: quali sono i movimenti uniformi e regolari, la cui assunzione salva completamente i fenomeni relativi ai movimenti degli astri erranti?

Una fonte, dunque, che è ben lontana dall'essere diretta e che lascia quindi molto spazio al dubbio. Non si comprende tra l'altro se Simplicio intendesse affermare che Sosigene abbia ripreso esattamente l'intera notizia da Eudemo o se il riferimento a quest'ultimo non sia più generico e riguardi solo la fama di Eudosso «di aver assunto per primo tra i Greci queste ipotesi». Si può ipotizzare infatti, e noi crediamo in maniera più attendibile, che la testimonianza di Eudemo riferita da Sosigene, riguardi solo l'attribuzione a Eudosso della primogenitura delle ipotesi, mentre la notizia su un presunto ruolo di Platone («avendo proposto Platone, ecc...») sia riferita dal solo Sosigene. Non si comprende altrimenti perché Simplicio avrebbe dovuto aggiungere l'inciso «come dice Sosigene» quando aveva già detto che la testimonianza di Eudemo è riferita da Sosigene. La questione è di grande

²² Ovviamente riteniamo valida questa spiegazione per ciò che concerne la diversa applicabilità delle due ipotesi alle situazioni concrete (regioni di spazio vaste oppure piccole), mentre mettiamo in discussione l'attribuzione di *verità* in assoluto ad una delle due ipotesi.

²³ È appena il caso di aggiungere che la stessa forma dei corpi galleggianti che vengono trattati in quest'opera, potrebbe non essere casuale, ma in qualche misura suggerita da problemi di tecnologia navale, dato che tutte le sezioni considerate sono di forma parabolica e ricordano in qualche modo la sezione di una nave. Vedi anche *infra*, la nota 58.

²⁴ καὶ πρῶτος τῶν Ἑλλήνων Εὐδοξὸς ὁ Κνίδιος, ὡς Εὐδημὸς τε ἐν τῷ δευτέρῳ τῆς Ἀστρολογικῆς ἱστορίας ἀπεμνημόνευσε καὶ Σωσιγένης παρὰ Εὐδήμου τοῦτο λαβὼν, ἄψασθαι λέγεται τῶν τοιοῦτων ὑποθέσεων Πλάτωνος, ὡς φησι Σωσιγένης, πρόβλημα τοῦτο ποιησαμένου τοῖς περὶ ταῦτα ἐσπουδακόσι, τίνων ὑποτεθεισῶν ὁμαλῶν καὶ τεταγμένων κινήσεων διασωθῇ τὰ περὶ τὰς κινήσεις τῶν πλανωμένων φαινόμενα [Simplicio, *In Aristoteles de Coelo Commentaria*, 488 18-24; traduzione italiana in F.F. Repellini (a cura di), *Cosmologie greche*, Loescher, Torino 1980, p. 170].

rilevanza perché mentre Eudemo, vissuto come Eudosso nel IV sec. a.C., è da considerarsi un testimone altamente attendibile, non altrettanto può dirsi di Sosigene, vissuto in epoca più tarda, e già in fase di decadenza della scienza ellenistica. Riteniamo tuttavia che, anche attribuendo piena attendibilità a tali fonti, l'obiezione appare nel caso specifico ben poco pertinente. L'asserita esigenza, da parte di Platone, di salvare i fenomeni, avrebbe avuto infatti l'obiettivo opposto a quello che oggi sembra apparire sempre più chiaro nell'opera archimede²⁵. Anche se questo punto verrà approfondito in seguito, vogliamo qui precisare che per Platone l'indicazione di *salvare i fenomeni* sarebbe diretta, se mai, non già ad assegnare a questi ultimi un qualche valore epistemico, bensì ad impedire che essi, ove non chiariti, potessero essere usati come evidenze contrarie nei confronti di quelle *verità* che soltanto la ragione può riconoscere tali²⁶.

Avevamo fin qui ammesso come spiegazione sufficiente per le contraddittorie ipotesi dei due libri, il fatto che la seconda si potesse considerare come una buona approssimazione della prima ove fossero considerate porzioni piccole di spazio. Ora ciò è senz'altro vero, ma non può bastare: non spiegherebbe infatti la ragione per cui Archimede non espliciti la sua ipotesi semplificativa, giustificandola in relazione alle circostanze date. Sembra invece che, in modo tacito, e quindi senza assumere alcun impegno sulla *verità*, egli presenti due distinte descrizioni matematiche (oggi diremmo modelli), ognuna delle quali può rappresentare i fenomeni in contesti e circostanze diversi.

In breve, la finalità del primo libro è ben diversa da quella del secondo: in quest'ultimo Archimede stabilisce quali sono le condizioni affinché un corpo si trovi in equilibrio quando questo viene posto in un liquido, considerando corpi galleggianti di varie forme; ma la cosa che per il momento troviamo interessante è che Archimede, pur rimanendo all'interno del tema dei galleggianti, non esita a cambiare le "regole del gioco", cioè a mettersi sotto altre ipotesi, per fornire una spiegazione matematica di alcuni fenomeni naturali.

Ciò che sembra caratterizzare tale paradigma sembra essere uno slittamento del momento di validazione delle premesse; mentre il precedente criterio (riferibile, come già osservato, ad una impostazione aristotelica) si fondava sui caratteri propri e immediati delle stesse premesse, ora il nuovo criterio agisce sulle conseguenze logiche delle premesse. Ci troviamo così nelle medesime condizioni e con le stesse caratteristiche già da noi evidenziate a proposito di Euclide [2, 3], in particolare per ciò che riguarda le ipotesi presenti nell'*Optica* e nei *Phaenomena*: ricordiamo, infatti, che i Postulati presenti nell'*Optica* sono in contraddizione con quelli presenti negli *Elementi* e prefigurano una geometria discreta, laddove la geometria degli *Elementi* è una geometria continua; inoltre, per quanto

²⁵ Che la spiegazione dei fenomeni quale strumento di comprensione del mondo, ma anche di dominio sulla natura per mezzo della tecnologia, fosse quanto meno nell'orizzonte concettuale di Archimede e degli scienziati suoi contemporanei, appare oggi sempre più innegabile. Citiamo in particolare [12, 18, 7, 3, 1]. Osserviamo che la parola "fenomeni" viene qui usata in due diverse accezioni: la prima, riferibile in modo specifico al contesto culturale in cui si muove Platone, è quella limitata ai moti apparenti degli astri; la seconda è quella più ampia, propria dell'uso moderno ed è riferita all'intero universo della realtà percepita. È in questo senso che viene da noi usata per spiegare i caratteri della scienza ellenistica, pur senza attribuire l'uso di questa parola, con questa accezione, agli scienziati ellenistici. Molti equivoci, a questo riguardo, sono legati alla mancata distinzione tra queste due accezioni.

²⁶ Nel caso specifico, si può pensare che dal punto di vista di Platone i moti di retrogradazione dei pianeti esterni (Marte, Giove, Saturno) avrebbero potuto indurre nell'opinione (per lui erranea), che i moti celesti non seguano sempre l'unica orbita considerata perfetta: quella circolare.

riguarda i *Phaenomena*, è interessante l'introduzione che qui riportiamo nella parte per noi più significativa ([17], p. 1)²⁷:

Poiché le stelle fisse si vedono sorgere sempre dallo stesso punto e nello stesso punto tramontare [...] e conservare la stessa distanza tra sé [...] e poiché ciò capita solo per quelle cose che si muovono di moto circolare, quando l'occhio dista ovunque ugualmente dalla circonferenza, come è stato dimostrato nell'*Optica*, sia posto che le stelle si muovano di moto circolare [...] e che l'occhio dista ugualmente dalle circonferenze.

È proprio guardando a tali similitudini che Archimede può essere inserito all'interno di quello che in [3] è stato chiamato "paradigma euclideo" e che, come già ricordato, si caratterizza per l'uso del criterio di validazione delle premesse che è stato chiamato "validazione a posteriori", proprio per sottolineare lo slittamento del momento di validazione stesso e per contrapporlo al criterio aristotelico della verità delle premesse scientifiche.

Quanto delineato dall'analisi delle ipotesi del *De Corporibus Fluitantibus*, riceve una maggiore solidità se si analizza il Postulato di Eudosso-Archimede, che si trova enunciato, in maniera più o meno completa, nel *De Sphaera et Cylindro*, nel *De Lineis Spiralibus* e nel *De Quadratura Parabolae*²⁸; riportiamo l'enunciazione più completa che costituisce il 5° postulato del *De Sphaera et Cylindro* ([13], v. I, p. 8; [14], p. 79):

[Assumo] che inoltre per le linee disuguali, per le superficie disuguali e per i solidi disuguali, il maggiore superi il minore di una grandezza tale che addizionata a sé stessa possa superare qualunque grandezza data, tra quelle che si possono paragonare tra loro.

Per tale postulato si possono ripetere considerazioni analoghe a quelle fatte a proposito di Euclide e del suo Postulato delle Parallele contenuto negli *Elementi*; come ampiamente argomentato in [2] il postulato in questione non ha però lo scopo di *salvare i fenomeni*, come nel caso dell'*Optica* o dei *Phaenomena* (o, per Archimede, del *De Corporibus Fluitantibus*), ma piuttosto di salvare, con una ferrea fondazione deduttiva, una lunga tradizione di risoluzione di problemi. Ciò è valido, come si accennava, anche nel presente caso archimedeo: tale aspetto emerge in particolare dalle reiterate difese dell'uso di tale postulato che si trovano nelle lettere introduttive alle opere *De Sphaera et Cylindro*, *De Lineis Spiralibus*, *De Quadratura Parabolae*, *Ad Eratosthenem methodus*; a titolo esemplificativo estrapoliamo il seguente passo dalla lettera introduttiva al *De Quadratura Parabolae* ([13], v. II, p. 264; [14], pp. 481-482):

Dimostriamo infatti che qualunque segmento compreso da una retta e da una sezione di cono rettangolo è uguale a $\frac{4}{3}$ del triangolo avente la stessa base e altezza uguale al segmento: ciò avendo assunto il seguente lemma per la sua dimostrazione: date due aree disuguali è possibile, aggiungendo a se stesso l'eccesso di cui la maggiore supera la minore, superare ogni area limitata data. Anche i geometri anteriori a noi si sono serviti di questo lemma: infatti se ne sono serviti per dimostrare che i cerchi stanno tra loro in ragione duplicata dei diametri, e che le sfere stanno tra loro in ragione triplicata dei diametri, e ancora che ogni piramide

²⁷ La traduzione italiana è della Incardona ed è tratta dalla sua edizione dell'*Optica* di Euclide ([18], p. 44). Per un approfondimento su alcuni aspetti dei *Phaenomena* vedi quanto detto da Berggren e Thomas [19].

²⁸ Per essere più precisi, nel *De Quadratura Parabolae*, Archimede si riferisce solo ad aree, nel *De Lineis Spiralibus* parla sia di linee che di aree, mentre solo nel *De Sphaera et Cylindro* c'è l'enunciato più completo, dove Archimede parla di linee, superfici e solidi.

è la terza parte del prisma avente la stessa base della piramide e uguale altezza, e che qualunque cono è la terza parte del cilindro avente la stessa base del cono e altezza uguale, ciò assumendo un lemma simile a quello suddetto. Accade ora che dei suddetti teoremi ciascuno è considerato non meno degno di fiducia di quelli dimostrati senza questo lemma: a noi basta che venga concessa simile fiducia ai teoremi da noi qui dati.

Cosa suggerisce ai fini del nostro discorso tutto ciò? Perché Archimede chiede la stessa fiducia in questi teoremi? Riportiamo, ad esempio, il commento di Frajese in proposito ([14], p. 482, nota 3):

E va pure detto che chiedendo fiducia nei suoi teoremi dedotti da quel lemma, Archimede mostra di trovarsi qui ancora nell'atmosfera di una concezione platonica della matematica: i postulati non devono in alcun caso essere arbitrari, ma (essi e i teoremi che se ne deducono) devono risultare veri.

Conveniamo con Frajese che in Archimede, come negli altri matematici ellenistici, non vi sia nulla che autorizzi a parlare di scelta arbitraria dei postulati²⁹. Ciò significa che le premesse del discorso scientifico richiedevano dei criteri che in qualche modo ne testimoniassero la validità; non significa però che tali criteri riguardassero una presunta indiscutibile e metafisica *verità*, né, tanto meno, che facessero diretto riferimento alla dottrina platonica delle idee o a quella aristotelica delle cause prime. Ciò premesso, va notato subito che, nel passo di cui sopra, Archimede chiede una fiducia su qualcosa che però non è la premessa stessa posta a fondamento delle dimostrazioni, né egli sembra chiedere una fiducia incondizionata come per qualcosa di necessariamente vero.

Il senso di tale richiesta di fiducia sembra invece essere quello di una titubanza di fronte ad una assunzione non del tutto intuitiva e ad una conseguente richiesta di fiducia; da tale punto di vista appare più accettabile la considerazione che fa Seidenberg ([20], p. 283):

In this passage Archimedes appears to be taking a defensive attitude, as though he feared some possible criticism. If this were criticism by his contemporaries (*external criticism*), his position [...] is surely unworthy of a mathematician. I therefore interpret it as *internal criticism*: he was really worried about the assumption, but resolved his doubts by accepting it.

Rimane però il quesito, che Seidenberg non risolve: come può Archimede giustificare l'uso di tale lemma? Qual'è l'elemento determinante che lo conduce a decidere positivamente per l'accettazione? Mentre nel caso precedentemente considerato (forma sferica della superficie del mare ed equilibrio dei corpi galleggianti) il criterio di convalida delle premesse può facilmente essere riferito all'obiettivo di "salvare i fenomeni", resta meno chiaro il significato di tale criterio quando ad essere in gioco si trovano soltanto oggetti e proprietà puramente geometriche; a meno che non si supponga che anche queste venissero trattate da Archimede alla stessa stregua delle manifestazioni empiriche del mondo

²⁹ Sia in [2] che in [3] abbiamo già risposto negativamente alla domanda se gli *Elementi* di Euclide si possano considerare una teoria assiomatica. Decisivo in tal senso ci è sembrato il fatto che varie assunzioni utilizzate nelle dimostrazioni non vengano premesse esplicitamente, ed è chiaro che ciò è possibile solo se la materia in oggetto può essere in qualche modo considerata ugualmente significativa per chi scrive e per chi legge. Non sarebbe invece proponibile se il discorso assumesse un carattere rigorosamente formale che prescindere da qualunque significato, come avviene nelle teorie assiomatiche moderne. Ciò del resto è quello che ha indotto alla rigorosa riscrittura bourbakista di tutta la matematica moderna.

fenomenico, ipotesi questa da escludere categoricamente se si pensa al rigore con cui Archimede procede in tutte le dimostrazioni geometriche, anche quando i risultati sono stati già raggiunti con procedure diverse³⁰. Né si spiegherebbe, nel caso specifico, la richiesta di una fiducia che sia pari a quella riservata a dimostrazioni classiche della geometria elementare. Una questione simile, come già accennato, è stata già affrontata a proposito di Euclide ed è stata risolta ipotizzando, nella scelta e nella validazione del quinto postulato, un criterio fondato sull'idoneità del postulato stesso a rendere conto di una lunga e consolidata tradizione di risoluzione di problemi che inizia forse con il teorema di Pitagora.

Lasciando per ora sospesa la conclusione finale su questo punto, ribadiamo però come non solo la richiesta di fiducia fatta da Archimede appaia diretta più alle conseguenze che alla stessa premessa, ma egli sembra piuttosto affidare gran parte della sua forza argomentativa alla quantità e alla qualità dei risultati che quella premessa ha consentito storicamente di raggiungere.

4. Il concetto di *centro di gravità* ed il suo uso

Ci occuperemo ora del secondo punto cui si accennava all'inizio del precedente paragrafo, cioè del concetto di “centro di gravità”, che gioca un ruolo fondamentale in tutta la Meccanica del Siracusano; tale concetto viene introdotto nel *De Planorum Aequilibriis*, esattamente con il Postulato 4, dove viene richiesto³¹:

Che se figure piane uguali e simili coincidono l'una sull'altra, anche i centri di gravità coincideranno tra loro.

Tralasciando le questioni relative alla “definizione” di centro di gravità, trattate più esaustivamente in [1], vogliamo qui evidenziare in maniera particolare un aspetto che, nel solco di quanto già detto nel precedente paragrafo, può servire a mettere in luce una ulteriore nota discriminante rispetto ad una impostazione aristotelica.

Per fare ciò premettiamo che nel *De Planorum Aequilibriis*³² viene dimostrata la legge della leva (precisamente con le Proposizioni I, 6 e I, 7) sulla base di sei postulati, di cui il quarto è quello, già visto, in cui viene introdotto il centro di gravità. Ora, la legge della leva era già nota prima di Archimede come ci viene testimoniato dal libro sui *Problemi Meccanici*, attribuito ai Peripatetici [21], e da una traduzione araba del *Libro sulla Bilancia*, attribuito ad Euclide [22, 23]: è da un attento confronto fra le varie impostazioni (e le relative soluzioni) date al problema della leva che sarà possibile mettere in evidenza la novità del punto di vista archimedeo.

Nel già citato libro attribuito ai Peripatetici vengono affrontate problematiche di carattere meccanico precedenti, nella parte introduttiva, da una dichiarazione d'intenti che ne costituisce la premessa logica e metodologica e che presenta chiaramente alcuni caratteri

³⁰ Ci riferiamo in particolare alle *quadrature* ottenute con metodi meccanici e successivamente dimostrate con il metodo di esaustione.

³¹ Τῶν ἴσων καὶ ὁμοίων σχημάτων ἐπιπέδων ἐφαρμοζομένων ἐπ' ἄλλα καὶ τὰ κέντρα τῶν βαρέων ἐφαρμόζει ἐπ' ἄλλα ([13], v. II, p. 124; [14], p. 398).

³² Per i discorsi che faremo non è da sottovalutare il fatto che il *De Planorum Aequilibriis* venga considerato, in ordine cronologico, la prima opera di Archimede fra quelle a noi giunte.

peculiari dell'apparato epistemologico aristotelico; nel cercare di spiegare il perché piccoli pesi possano muovere grandi pesi, viene affermato che³³:

Ora la causa prima di tutti questi fenomeni è il cerchio.

Nel terzo di tali problemi viene affrontata la questione della leva e viene spiegato perché fra due pesi posti agli estremi di una leva, fissata per un punto diverso dal centro, il più lontano offra maggiore resistenza; tale spiegazione, coerentemente con quanto dichiarato nella premessa, viene data in funzione dell'*arché* (cioè del cerchio)³⁴:

L'origine di ciò è la questione per cui quella parte del raggio di un cerchio che è più distante dal centro si muove più rapidamente di quella più vicina al centro, quando viene mossa dalla medesima forza.

Qui viene già riconosciuta la dipendenza fra pesi e distanze che precorre la legge della leva; quest'ultima esprime quale sia tale dipendenza e viene enunciata nel seguente modo³⁵:

Il rapporto del peso mosso al peso movente è il rapporto inverso delle distanze dal centro.

Tale enunciato però non è dimostrato (quantomeno non nel senso in cui verrà fatto da Archimede), ma viene soltanto giustificato nei termini sopra descritti³⁶.

Anche il *Libro sulla Bilancia*, già attribuito ad Euclide, tratta tale questione, sebbene in maniera del tutto diversa rispetto ai Peripatetici. L'impostazione del problema è, infatti, molto simile a quella che si può riscontrare negli *Elementi*: si chiede, cioè, di ammettere una serie di postulati in modo da *dimostrare* la legge della leva. Di tale opera vogliamo qui citare due passi; il primo costituisce l'Assioma 1 in cui si richiede che ([23], p. 1)³⁷:

Quando c'è una bilancia retta di spessore uniforme e alle sue estremità ci sono sospesi due pesi uguali e la bilancia è sospesa sul suo asse per il punto medio fra i due pesi, allora la bilancia sarà parallela al piano dell'orizzonte.

Il secondo costituisce la Proposizione 4 che afferma ([23], p. 1):

Quando una bilancia viene presa e divisa i segmenti disuguali ed il suo asse è il punto di divisione, e due pesi vengono presi – il rapporto dei quali sia uguale al rapporto dei segmenti della bilancia – e il più leggero viene sospeso sull'estremità del più lungo ed il più pesante viene sospeso sull'estremità del più corto, allora la bilancia sarà equilibrata in peso e parallela all'orizzonte.

³³ Πάντων δὲ τῶν τοιούτων ἔχει τῆς αἰτίας τὴν ἀρχὴν ὁ κύκλος ([21], vol. XIV, p. 333). La traduzione dal testo inglese sia del presente che dei due seguenti passi è nostra. Appare qui chiaro come il cerchio, considerato figura perfetta, potesse essere assunto come *arché* e costituire quindi una garanzia per tale spiegazione.

³⁴ τοῦτου δὲ ἀρχή, διὰ τί ποτε ἐν τῷ κύκλῳ ἡ πλεῖον ἀφαστηκυσία γραμμῇ τοῦ κέντρου τῆς ἐγγύς τῇ αὐτῇ ἰσχύϊ κινουμένης θᾶττον φέρεται τῆς ἐλάττονος ([21], vol. XIV, p. 337).

³⁵ ὁ οὖν τὸ κινούμενον βάρος πρὸς τὸ κινούν, τὸ μῆκος πρὸς τὸ μῆκος ἀντιπέπονθεν ([21], vol. XIV, p. 353).

³⁶ Recentemente è stata messa in dubbio l'autenticità del passo, considerato una successiva interpolazione [24]; tale fatto non toglie nulla al nostro discorso, restando in ogni caso valide le osservazioni sul "punto di vista" che emerge, non solo dagli altri passi citati, ma in tutta l'opera.

³⁷ La traduzione dal testo inglese del presente e del successivo passo è nostra.

Da questi seppur pochi dati emerge però con chiarezza l'enorme distanza tra l'impostazione peripatetica, legata alla ricerca di una *arché* supposta vera e di immediata evidenza, e quella euclidea, in cui è assente ogni pronunciamento sulla *verità* dei postulati stessi.

D'altra parte è da notare la relativa incompletezza del lavoro dello pseudo-Euclide rispetto, come vedremo meglio, a quello di Archimede: sia per il linguaggio usato, ancora legato alla situazione empirica, sia per la mancanza di generalità, poiché la dimostrazione si limita al caso in cui un peso è triplo dell'altro. L'ultimo tassello è quello inserito da Archimede con l'*invenzione* del centro di gravità, da lui introdotto nel già citato Postulato 4 del *De Planorum Aequilibriis*, postulato che caratterizza univocamente il "centro di gravità" come un ente esclusivamente geometrico, alla cui determinazione infatti non contribuiscono considerazioni fisiche di alcun genere, ma solo la *grandezza* e la *forma* della figura piana. Il fatto stesso poi di essere riferito a figure piane, esclude in esso qualunque riferimento alla *corporeità* di oggetti concreti per configurarsi come una pura creazione intellettuale astratta, capace però, se opportunamente usata, di fornire una potente rappresentazione razionale di fenomeni meccanici.

Prima di passare ad una qualche conclusione vogliamo analizzare brevemente anche il Postulato 6 del *De Planorum Aequilibriis*, in cui viene richiesto³⁸:

Che se grandezze a certe distanze si fanno equilibrio, anche grandezze ad esse uguali poste alle stesse distanze si faranno equilibrio.

Archimede riconnette così il concetto di centro di gravità, già introdotto come entità geometrica, al problema meccanico del moto, ma lo fa in maniera molto astratta, perché ancora una volta non parla di corpi in moto o in quiete o che assumono posizioni. Parla invece, in termini molto astratti, di *figure* che stanno in *equilibrio*, usando qui la parola *equilibrio* come un concetto ancora una volta non definito e che potrebbe essere genericamente interpretato come una mera relazione tra le figure. Che questa interpretazione non fosse del tutto estranea alla mente di Archimede sembra essere supportato, per altro, dall'uso che di questi concetti egli fa in un contesto totalmente estraneo alla meccanica, sebbene con la piena consapevolezza che in quel contesto i risultati non avrebbero potuto ottenere lo *status* della prova dimostrativa. Ci riferiamo all'uso dei metodi *meccanici* in geometria, che egli espone nell'opera *Ad Eratosthenem methodus* e che utilizza quale strumento *euristico* di sicura efficacia per ottenere risultati da provare altrimenti.

Da tutto ciò emergono chiaramente due fatti: in primo luogo, la "rottura epistemologica", già notata in Euclide, rispetto ad un approccio al problema della leva tipico di una tradizione di stampo aristotelico e ancora presente nell'opera peripatetica; in secondo luogo, la maggiore astrazione e generalità dell'impostazione archimedeica rispetto a quella pseudo-euclidea così come viene fuori analizzando il diverso linguaggio usato, soprattutto se si evidenziano i tre fatti seguenti:

- Archimede non parla né di *bilancia*, né di *sospensione*³⁹;

³⁸ Εἴ καὶ μεγέθη αὐτὰ ἀπὸ τινῶν μακρῶν ἰσορροπεύονται, καὶ τὰ ἴσα αὐτοῖς ἀπὸ τῶν αὐτῶν μακρῶν ἰσορροπήσεται ([13], v. II, p. 124), [14], p. 399).

³⁹ Vogliamo precisare che nell'edizione Frajese viene usata l'espressione "pesi sospesi", sia nei primi due postulati che nelle prime tre proposizioni ([14], pp. 397-400); ma, mentre nei postulati il curatore segnala che il termine "sospesi" è una propria aggiunta, manca una analoga segnalazione all'interno delle proposizioni. Tutto ciò prelude già ad una "interpretazione fisica" dei postulati stessi; è in ogni caso da rimarcare che nel testo greco è assente un termine corrispondente a "sospesi" mentre ricorre da solo il termine βάρος (peso).

- Archimede parla di *grandezze*, mentre lo pseudo-Euclide parla di *pesi*;
- Archimede dice che le *grandezze sono in equilibrio*, mentre lo pseudo-Euclide dice che *la bilancia sarà parallela al piano dell'orizzonte*.

Questi elementi possono ricevere una adeguata interpretazione accettando l'idea che Archimede abbia trattato la legge della leva da un punto di vista diverso da quello *realista* quale esso appare ad esempio presso i Peripatetici, fornendo un *modello* per tale fenomeno fisico. È in quest'ottica che possiamo leggere la diversa terminologia usata da Archimede. È in virtù di questa ipotesi che possiamo spiegare i motivi per cui il *centro di inclinazione* (di cui danno notizia Pappo, Erone ed Eutocio⁴⁰), nonostante fosse effettivamente un concetto noto già prima di Archimede nelle indagini di alcuni fenomeni fisici ed a cui Archimede stesso può essersi ispirato per il concetto di *centro di gravità*, non viene mai usato dal Siracusano, proprio perché quest'ultimo fa riferimento a un modello matematico e non al mondo fisico⁴¹. È sempre alla luce di questa ipotesi che possiamo spiegare il perché qualche secolo dopo, nel momento in cui si perdeva la coscienza di una tale potenzialità astratta, i tre citati commentatori non fossero più in grado di capire fino in fondo il significato dei testi che esaminavano e lo stesso punto di vista archimedeo, tramandandoci commenti in cui compaiono delle *definizioni* che lasciano molti dubbi sulla loro correttezza da un punto di vista formale e che fanno trasparire il riappropriarsi del punto di vista aristotelico nell'affrontare delle questioni scientifiche.

5. Il rapporto fra Archimede e Aristotele

Abbiamo già trattato nei paragrafi precedenti alcuni aspetti riguardanti il rapporto fra Archimede ed Aristotele; qui, alla luce di tali considerazioni, vogliamo soltanto spendere qualche altra parola per sottolineare la loro diversa visione della scienza. Non vi è dubbio infatti che la visione aristotelica abbia un carattere che potremmo definire *realista*, nel senso che i postulati e le deduzioni che da essi possono essere fatte, devono avere quelle caratteristiche che lo Stagirita medesimo esplicita, ad esempio, negli *Analitici Secondi*, da cui estrapoliamo il seguente passo⁴²:

chiamiamo sapere il conoscere mediante dimostrazione. Per dimostrazione [...] intendo il sillogismo scientifico, e scientifico chiamo poi il sillogismo in virtù del quale, per il fatto di possederlo noi sappiamo. Se il sapere dunque è tale, quale abbiamo stabilito, sarà pure necessario che la scienza dimostrativa si costituisca sulla base di premesse vere, prime, immediate, più note della conclusione, anteriori ad essa, e che siano cause di essa. [...] un sillogismo potrà sussistere senza tali premesse, ma una dimostrazione non potrebbe sussistere, poiché allora non produrrebbe scienza.

Come già ampiamente dimostrato nei precedenti paragrafi, Archimede è molto lontano da una tale visione; abbiamo infatti evidenziato come egli non esiti a cambiare le ipotesi nei

⁴⁰ Per approfondimenti su tale punto vedi quanto affermato da Drachmann [25] e la nostra posizione [1].

⁴¹ Notiamo qui di passaggio come una scelta diversa nella terminologia rispetto ad una tradizione precedente sia presente anche in Euclide dove il *punto*, che fino a quel momento veniva designato col termine $\sigma\tau\iota\gamma\mu\acute{\eta}$, viene indicato da Euclide col termine $\sigma\eta\mu\epsilon\iota\omicron\nu$; da tale fatto Russo deduce che il cambiamento di terminologia prefigura un significato meramente tecnico ([7], p. 201).

⁴² Aristotele, *An. Post.*, 71 b 18-25 in Aristotele, *Organon*, a cura di Giorgio Colli, Adelphi, 2003.

due libri del *De Corporibus Fluitantibus* per fornire una spiegazione di alcuni fenomeni, e ciò non può conciliarsi con una visione che vuole le premesse «vere, prime ed immediate». Basterebbe già questo per allontanare di fatto le due figure del Siracusano e dello Stagirita, ma a questo vogliamo aggiungere gli altri elementi che nel corso della presente trattazione sono stati messi in evidenza; anche nei confronti del problema della leva abbiamo infatti notato come in ambito aristotelico sia stata fornita una spiegazione della legge della leva che evidenzia, sulla questione, un'abissale differenza di posizioni epistemologiche: i Peripatetici, a cui è attribuita l'opera, identificano nel cerchio la *causa* del fatto che pesi uguali posti a diversa distanza dal fulcro fanno ruotare la leva. Di fronte allo stesso problema, Archimede (e prima di lui, anche se in un caso particolare, lo pseudo-Euclide) fornisce una spiegazione non in termini di *arché*, o causa prima, bensì giustificando tale legge in termini matematici mediante il concetto di centro di gravità. Che Archimede si allontani dalle posizioni di stampo aristotelico prendendone consapevolmente le distanze, potrebbe apparire anche dalla riuscita progettazione da parte sua di un sistema per il varo di una nave con la sola forza delle braccia⁴³. Ora è vero che testimonianze come questa sono indiscutibilmente affette dall'alone di leggenda che circonda l'intera vicenda biografica di Archimede, ma come giustamente osserva Dijksterhuis ([26], p. 17):

[Sebbene nella] forma in cui le abbiamo riferite, le testimonianze sul varo della nave sono, naturalmente, semplici fantasticherie [...] è comunque difficile dubitare che questi racconti non abbiano un reale fondamento nell'invenzione o nella dimostrazione della possibilità di un congegno atto a muovere grandi pesi economizzando la forza.

Secondo Mugler ([15], Tome I, pp. IX-XIII), poi, tale episodio (depurato ovviamente dalle distorsioni e dalle fantasie tramandate nei racconti) può essere visto come una eclatante e pubblica falsificazione dell'affermazione aristotelica circa l'impossibilità di divisione della forza⁴⁴.

Tale cambiamento di rotta ed il maggior grado di conoscenza acquisito non possono essere spiegati solo da una maggiore conoscenza o da un maggior numero di esperimenti che nel frattempo erano stati compiuti: sarebbe troppo riduttivo e presupporrebbe una visione della scienza come un accumulo cronologicamente scandito di conoscenze; piuttosto è cambiato l'approccio verso certe problematiche e, di conseguenza, il tipo di risposte. In tal senso ci sembra pertinente ed illuminante l'osservazione che Koyré propone a proposito

⁴³ Le testimonianze in proposito si possono trovare in Proclo, *Commento al I Libro degli Elementi di Euclide* (ed. Friedlein), p. 63; Plutarco, *Vita di Marcello* (ed. K. Ziegler, 2. ed., Leipzig, Teubner 1968), 14; Ateneo di Naucrati, *Deipnosophistarum Libri XV* (rec. G. Kaibel, Leipzig 1887), V, 40-44, 206d-209a.

⁴⁴ Opinione, peraltro, condivisa da Russo in [7]. Il riferimento è chiaramente ad Aristotele, *Physica*, VII (H), 5, 250 a 1-19. In proposito Mugler così commenta: «La répétition d'un pareil thème dans la littérature scientifique des Grecs prend une importance particulière, lorsque l'auteur qui le reprend a recours à ce procédé dans une intention polémique et entend rectifier une erreur de jugement ou d'interprétation, commise à une époque antérieure, à l'occasion des mêmes exemples et des mêmes représentations qui avaient servi au prédécesseur fautif. Or l'oeuvre d'Aristote, d'une part, et le récits d'une expérience d'Archimède, d'autre part, légués à la postérité par Plutarque et par Proclus le Diadoque, font appel, dans le deux cas à propos de la recherche d'une des lois fondamentales du mouvement d'un corps matériel sous l'action d'une force, à une représentation physique si identique, qu'il faut voir dans l'expérience d'Archimède une démonstration *ad hominem*, inventée à la fin expresse de réfuter l'erreur du Stagirite.» ([16], p. 61).

dello sviluppo della scienza moderna, ma che noi qui possiamo ben adattare alla situazione di cui stiamo trattando⁴⁵:

Mi sembra evidente che questa rivoluzione, che ha sostituito al mondo qualitativo del senso comune e della vita quotidiana il mondo archimedeo della geometria reificata, non possa essere spiegata adeguatamente con l'influenza di un'esperienza più ricca e più vasta di quella che ebbero gli antichi – Aristotele – a loro disposizione.

6. Il rapporto fra Archimede e Platone

Per iniziare a inquadrare la problematica relativa all'influenza platonica su Archimede e sulla matematica in generale, citiamo il seguente passo di Cambiano [12]⁴⁶:

L'elaborazione di genealogie, che riconducono i matematici a prospettive filosofiche, non è un fatto inconsueti nel mondo antico, almeno a partire da un certo momento. Naturalmente erano i filosofi a costruire tali genealogie, la più nota delle quali è quella presente nel commento di Proclo al primo libro di Euclide, dove Euclide è qualificato esplicitamente come platonico.

Ora, in gran parte della critica, questo *assioma*, quello cioè della necessaria influenza di Platone sulla matematica successiva, è presente in maniera più o meno evidente. Recentemente, però, da più parti si va sviluppando una valutazione della scienza ellenistica che in diversa misura va prendendo le distanze da tale implicita assunzione⁴⁷. In primo luogo si evidenzia come sia tutta da dimostrare l'influenza di Platone su Eudosso⁴⁸: abbiamo già avuto modo di accennare ad una presunta esigenza platonica di *salvare i fenomeni* ed al fatto che, ove si voglia ammettere tale circostanza, questa non potrebbe comunque essere letta in funzione di una superiore validità assegnata all'aspetto empirico, ma piuttosto

⁴⁵ Koyré, [27]. La traduzione italiana è di Alberto Strumia ed è disponibile anche on line all'indirizzo internet www.disf.org/Documentazione/31.asp

⁴⁶ Tutte le citazioni tratte dall'articolo di Cambiano, così come quella tratta dall'articolo di Rorres che verrà considerata successivamente, sono prive di numerazione poiché entrambi gli articoli sono disponibili on line e, in tal caso, la numerazione è assente; le citazioni sono comunque facilmente reperibili dalle edizioni elettroniche citate in bibliografia.

⁴⁷ Ad esempio Lloyd [28], Cambiano [12] e Russo [7], per citare solo i contributi più recenti. Ma già in anni precedenti non mancano i dubbi circa l'effettiva influenza di Platone sulla matematica, come sostenuto, ad esempio, da Neugebauer [29] e da Edelstein [30]. Dice ad esempio Neugebauer: «Mi pare evidente che il ruolo di Platone sia stato enormemente esagerato. I suoi contributi diretti alla conoscenza matematica sono stati manifestamente nulli. Il fatto che, per breve tempo, matematici del livello di Eudosso siano appartenuti alla sua cerchia non è una prova dell'influenza di Platone sulla ricerca matematica. [...] Le dottrine di Platone hanno, senza dubbio, esercitato una grande influenza sull'interpretazione moderna della scienza greca. Ma se gli studiosi moderni avessero dedicato a Galeno o a Tolomeo altrettanta attenzione che a Platone e ai suoi seguaci, sarebbero giunti a risultati alquanto diversi e non avrebbero inventato il mito della spiccata attitudine del cosiddetto spirito greco a sviluppare teorie scientifiche senza far ricorso a esperimenti o a verifiche empiriche.» ([29], pp. 183-184).

⁴⁸ Geymonat così scrive: «In nessun modo, poi, può reggere la sua caratterizzazione come platonico, non bastando certo, a giustificarla, il fatto che egli abbia seguito per qualche tempo l'insegnamento di Platone all'Accademia. Sembra, anzi, lecito pensare che alla seconda permanenza di Eudosso in Atene (ove [...] egli fece numerosi discepoli) non sia mancato un intento polemico, più o meno aperto, contro Platone. [...] In conclusione, se è innegabile che vi furono stretti rapporti tra Eudosso e l'Accademia, nulla ci prova che sia stata solo questa ad esercitare un'influenza su quello; è più probabile, invece, che l'influenza si sia esercitata in ambo i sensi.» ([31], v. 1, p. 238).

come diretta a dare una spiegazione del percorso di alcuni pianeti che, dovendo seguire la traiettoria perfetta (quella circolare), in effetti apparivano seguire un diverso cammino. Sempre continuando ad ammettere che una tale richiesta vi sia stata, quale sarebbe la risposta di Eudosso a tale problema sollevato da Platone? Non già in termini platonici, ma in termini prettamente matematici⁴⁹. Anzi si potrebbe portare tale risposta eudossiana fino alle estreme conseguenze, sostenendo che è stato Eudosso, con questo tipo del tutto nuovo di risposta, ad influenzare la cosmologia di Platone, e non il viceversa: ciò del resto non dovrebbe sorprenderci più di tanto se, pur con la dovuta cautela, ricordiamo il primo scolio al 5° libro degli *Elementi* di Euclide in cui l'anonimo autore dice che il contenuto di tale libro è frutto delle scoperte di Eudosso, il *maestro di Platone*⁵⁰. Ovviamente la notizia in sé non dimostra nient'altro che l'estrema confusione accumulata nei secoli sulle vicende e sulle fonti storiche; ma proprio per ciò deve mettere in guardia su tante altre notizie che spesso sono state assunte come base di riferimento e su cui è stata costruita spesso la tradizione dossografica.

Per tornare alla nostra questione, se, quale ed in che misura possa essere rintracciabile del platonismo in Archimede (e non solo), riteniamo innanzitutto che sia opportuno fare chiarezza sui diversi significati che si possono trovare sotto il termine *platonismo*; ciò anche per evitare i fraintendimenti spesso vistosi, che si determinano per l'uso incauto di un termine con accezioni differenti. Anziché tentare una trattazione esaustiva di tale problema, che va al di là degli scopi del presente lavoro, preferiamo porre la questione all'interno di alcuni problemi specifici.

Se quindi pensiamo all'apporto platonico come quello di una richiesta di astrazione e teoreticità, allora possiamo senz'altro affermare che Archimede (come del resto Euclide prima di lui) si trova in un chiaro ambito platonico, ché la meccanica da lui sviluppata è razionale nel più alto dei significati. Vi è dunque un asse portante del pensiero occidentale che dai grandi sistemi della filosofia greca giunge fino ai nostri giorni, caratterizzando quella civiltà che ha prodotto anche la scienza contemporanea. Da ciò Platone non è certamente estraneo, come non lo è Aristotele.

Ma se pensiamo alla matematica platonica come pura contemplazione di un mondo delle idee, in cui non può trovare posto alcun tipo di applicazione pratica, allora, dicendo che Archimede è platonico commetteremmo, ne siamo convinti, un grave errore. E non solo perché le applicazioni tecniche dei suoi risultati teorici sono state innumerevoli e a

⁴⁹ La teoria delle sfere omocentriche, così come la si può ricostruire in base alle testimonianze, sembra essere di fatto una struttura matematica che consente di descrivere il complesso moto apparente di ciascun astro, come composizione di un certo numero di movimenti semplici. Potremmo dire che traduce in termini geometrici quello che in termini analitici potrebbe essere lo sviluppo in forma polinomiale di una funzione descritta empiricamente. Non vi sono invece elementi che possano indurre a ritenere le sfere omocentriche di Eudosso come delle entità materiali che debbano trasmettere fisicamente il movimento, come avviene per le sfere aristoteliche. Ma Aristotele fondava l'intera sua teoria della conoscenza sul concetto metafisico di causalità. Ed è per ciò che in epoca più tarda, quando la primitiva Scuola alessandrina iniziata con Euclide si sarà eclissata, e Aristotele sarà divenuto il punto di riferimento obbligato per la fondazione di ogni sapere scientifico, anche gli ingegni più elevati, come Claudio Tolomeo, non saranno più in grado di riprendere e dare continuità a teorie scientifiche fondate sulla semplice modellizzazione matematica che prescinde da ogni implicazione metafisica.

⁵⁰ ὁ μὲν οὖν σκοπὸς οὗτος, τὸ δὲ βιβλίον Εὐδόξου τινὲς εὗρεσιν εἶναι λέγουσι τοῦ Πλάτωνος διδασκάλου ([17], V, p. 280.)

volte innovative, ma anche sulla base di motivazioni più strettamente connesse all'analisi dei suoi testi come si dirà in seguito.

L'obiezione che viene spesso fatta, e che ha la sua lontana espressione nel noto passo di Plutarco⁵¹, è che Archimede non ha lasciato niente di scritto su tali questioni, inferendo da ciò che egli avesse pertanto disprezzo per le applicazioni⁵²; da qui a dire che Archimede è platonico il passo è breve. Una prima risposta a questa obiezione consiste nel mostrarne l'intrinseca debolezza. Una seconda e più pregnante risposta può essere invece articolata su due piani: uno teoretico-filosofico ed uno tecnico-matematico.

Per quanto riguarda la prima risposta, la fragilità dell'obiezione mossa da Plutarco⁵³ e ripresa da molti autori, cioè l'assenza di opere scritte sulle realizzazioni tecnologiche, ci sembra emergere con facilità da poche considerazioni che sono ben espresse da Cambiano quando afferma [12]:

Ma non si deve dimenticare che il non scrivere non era aspetto inconsueto nella trasmissione del sapere tecnico, non di rado legato ai segreti del mestiere, tanto più nell'ambito della tecnologia militare, senza che ciò comportasse una svalutazione di questa forma di sapere.

Non si può sottovalutare, infatti, il valore strategico che il possesso di tecnologie più avanzate può assumere in termini di potere politico, militare ed economico, in uno scenario in cui diverse potenze si contendono il predominio del Mediterraneo, e in cui l'irresistibile ascesa della potenza romana già costituisce la più seria minaccia incombente. Porre il segreto sulle tecnologie più avanzate, evitandone la divulgazione, ci sembra così naturale che sorprenderebbe il contrario. Del resto sappiamo bene che anche oggi, in grandi democrazie moderne, come gli Stati Uniti, non solo vi è la più ferrea disciplina sui segreti direttamente militari, ma è perfino vietata l'esportazione di alcuni prodotti di uso civile contenenti tecnologie considerate strategiche. Volendo estremizzare il concetto, sarebbe come voler inferire che Fermi e Oppenheimer fossero platonici per il fatto di non avere pubblicato nulla sulle applicazioni tecnologiche delle loro ricerche alla ... bomba nucleare!

Passando al secondo ordine di risposte vogliamo innanzitutto evidenziare l'estrema confusione e contraddittorietà delle fonti relative ad Archimede anche in merito alle posizioni di Platone verso la matematica. Ci riferiamo in questo momento al commento di Eutocio al *De Sphaera et Cyliandro* ([13], v. III, pp. 54-106): ivi Eutocio presenta, in mancanza di

⁵¹ «Archimede possedette tuttavia uno spirito così elevato, un'anima così profonda e un patrimonio così grande di cognizioni scientifiche, che non volle lasciare per iscritto nulla su quelle cose, cui pure doveva un nome e la fama di una facoltà comprensiva non umana, ma pressochè divina. Persuaso che l'attività di uno che costruisce delle macchine, come di qualsiasi altra arte che si rivolge a un'utilità immediata, è ignobile e grossolana, rivolse le sue cure più ambiziose soltanto a studi la cui bellezza ed astrazione non sono contaminate da esigenze di ordine materiale.» (Plutarco: *Vite*, Marcello, 17, 5-6)

⁵² Geymonat così scrive: «Per il caso particolare di Archimede va senza dubbio tenuto presente il permanere in lui, accanto ad un'eccezionale genialità tecnica, di un atteggiamento filosofico inconciliabile con essa.» ([31], v. 1, p. 300).

⁵³ Che lo scritto di Plutarco sia decisivo nell'immagine che ancora persiste in molti autori su Archimede e sulla sua presunta avversione per le applicazioni tecnologiche delle sue scoperte scientifiche, ce lo possono confermare diversi passi. Solo per fare un esempio, Geymonat, subito dopo il passo sopra richiamato, così giustifica la sua asserzione: «Ce lo dice Plutarco, allorché – dopo aver parlato dei prodigi compiuti dall'ingegneria di Archimede – elogia la nobiltà del suo ingegno che rifiutò di comporre trattati riguardanti la meccanica o altre questioni pratiche.» ([31], v. 1, p. 300); su tale argomento vedi anche le tesi sostenute da Cambiano [12] e da Russo [6].

una soluzione data da Archimede, una serie di soluzioni al problema della ricerca di due medie proporzionali fra due segmenti dati (problema intimamente legato alla duplicazione del cubo); la prima di tali soluzioni viene da lui attribuita a Platone ed in essa il filosofo ateniese farebbe uso di uno strumento meccanico; ora chiaramente questa attribuzione appare quanto meno problematica e ci mette sicuramente in guardia dalle facili deduzioni. Ma l'argomento diventa ancora più interessante confrontandolo con un passo delle *Quaestiones conviviales*⁵⁴, dove Plutarco ci presenta Platone nella veste di accusatore di Eudosso, Archita e Menecmo, rei di usare strumenti meccanici per risolvere problemi squisitamente matematici e, nella fattispecie, proprio la ricerca delle due medie proporzionali. D'altro canto Archimede, nella Proposizione II, 1 del *De Sphaera et Cylindro* ([13], v. I, p. 172), cioè proprio nella proposizione in cui Eutocio inserisce il lungo elenco di cui abbiamo detto, assume come nota la costruzione delle due medie, mostrando così di approvare i metodi per la loro ricerca. Ma allora, come spiegare il fatto che Archimede fornisse validità a metodi che Platone avrebbe disdegnato? Ed ancora, se le curve generate dal movimento di punti o dall'intersezione di superfici erano bandite da Platone⁵⁵, come valutare la definizione di spirale data da Archimede nel *De Lineis Spiralibus*, in cui viene sfruttata proprio la composizione di due movimenti?⁵⁶ Crediamo si possano fornire due possibili interpretazioni: o Platone non ha mai rimproverato nessuno (o quantomeno non nel senso che gran parte della storiografia gli attribuisce) oppure Plutarco (e non solo lui) avrebbe dovuto rinunciare a considerare Archimede sotto il diretto influsso platonico⁵⁷.

Sul piano più decisamente tecnico-matematico, possiamo riprendere quanto già detto nel paragrafo riguardante il centro di gravità, tentando di andare oltre. Come abbiamo avuto già modo di dire, nel secondo libro del *De Corporibus Fluitantibus* vengono discusse e trovate le condizioni affinché un segmento di paraboloide immerso in un liquido si trovi in equilibrio: e per fare ciò gioca un ruolo primario la nozione di centro di gravità. È lecito chiedersi perché Archimede in quest'opera non si sia occupato delle condizioni di equilibrio di corpi aventi forme diverse; certamente possiamo prefigurare varie risposte alla questione, ma non è da sottovalutare il fatto che le sezioni maestre degli scafi delle navi hanno proprio quella forma di cui Archimede si è occupato e che, come da più studiosi riconosciuto, i risultati del secondo libro del *De Corporibus Fluitantibus* hanno dato un notevolissimo contributo alla tecnologia navale⁵⁸. Ora, se in un periodo "normale" tale

⁵⁴ Plutarco, *Quaest. Conv.*, VIII 2, 718 e-f.

⁵⁵ Platone, parlando dei geometri, dice: «descrivono [la geometria] in un modo ridicolissimo e meschino, comportandosi da persone pratiche e non rivelando nei loro discorsi che scopi pratici. Parlano di 'quadrare', di 'costruire su una linea data', di 'aggiungere per opposizione', usano ogni sorta di simili espressioni. Invece tutta questa disciplina va coltivata in funzione della conoscenza.» (Platone, *Resp.*, VII, 527a - 527b, in Platone, *Opere complete* (risorsa elettronica), a cura di Gabriele Giannantoni, Laterza multimedia, 1999).

⁵⁶ «Se una linea retta, rimanendo [fermo] un estremo, vien fatta rotare nel piano con velocità costante fino a farla tornare di nuovo nella posizione dalla quale è partita, e insieme con la retta rotante viene mosso un punto sulla retta con velocità costante cominciando dall'estremo fisso, il punto descrive nel piano una spirale.» ([13], v. II, p. 9), ([14], p. 320).

⁵⁷ Per un altro aspetto riguardante la veridicità delle affermazioni di Plutarco su Archimede vedi il contributo della Isnardi Parente [32].

⁵⁸ Rorres, ad esempio, così si esprime in [33]: «In Book II Archimedes extended his stability analysis of floating bodies from a segment of a sphere to a right paraboloid. However, Book II contained many sophisticated ideas and complex geometric constructions and did not have the appeal of Book I. Only after Greek geometry was

applicazione potrebbe essere sottovalutata, la stessa cosa non si può più affermare nel periodo storico in cui visse ed operò Archimede, in cui cioè lo studio teorico avrebbe anche dovuto sfociare in applicazioni di vario genere, non ultime quelle militari; non si dimentichi che, come già discusso in [2], Alessandria è il primo esempio di centro culturale in cui lo studio è finanziato e organizzato in maniera sistematica e, anche se Archimede non operò ad Alessandria, ebbe sicuramente dei contatti con i matematici che vi operarono (e in particolare Conone, Dositeo, Eratostene, come ci testimoniano le lettere introduttive a varie sue opere), senza in ogni caso dimenticare le macchine belliche che gli sono attribuite dallo stesso Plutarco (anche se quest’ultimo, come già visto, le indica come concessioni dello spirito matematico ai bisogni contingenti).

Vogliamo infine concludere notando come spesso il presunto platonismo di Archimede (e non solo suo) viene affermato senza alcuna giustificazione, peraltro doverosa in certi casi; solo per citare un esempio, riportiamo un passo della lettera a Dositeo introduttiva al *De Sphaera et Cylindro*, in cui Archimede dice⁵⁹:

Queste proprietà [ovvero i rapporti tra il cilindro e la sfera] erano da sempre inerenti alla natura delle figure menzionate ed erano ignorate da coloro che prima di noi si occuparono di geometria.

Il commento di Frajese ([14], p. 71, nota 6) è il seguente:

Quelle proprietà da lui trovate erano da sempre *preesistenti* nella natura stessa delle figure: eppure erano rimaste come nascoste al pensiero umano. Ci sembra che in questo richiamo alla natura (φύσις) delle figure si abbia una sorta di riconoscimento della loro *esistenza*: Archimede, come Euclide, risentirebbe di concezioni filosofiche di Platone.

Dal fatto che alcune proprietà riguardanti talune figure fossero vere, ma non fossero ancora state trovate, non ci sembra si possa dedurre *ipso facto* l’adesione di Archimede alla filosofia platonica. Nella stessa direzione si pone Cambiano [12], che così si esprime non solo in proposito a tale questione, ma anche riguardo alle problematiche di cui ci siamo fin qui occupati:

Lo stesso riconoscimento archimedeo della preesistenza delle proprietà delle figure geometriche rispetto alla scoperta che ne fa il geometra non è di per sé indizio di platonismo. Così la sua tesi sulla superiorità della dimostrazione rispetto al metodo meccanico – reperibile nello scritto sul “Metodo” e altrove – non può essere letta come l’affermazione della superiorità della ricerca matematica pura rispetto alle indagini meccaniche. In questo caso infatti, la superiorità non riguarda discipline distinte, rispetto a cui si tratterebbe di stabilire una gerarchia di valore, ma è tutta interna alla geometria, dove un metodo, che parte da nozioni e assunzioni proprie della meccanica (come quella di centro di gravità), è impiegato in funzione euristica, per lasciare poi il passo alla dimostrazione geometrica, che parte da principi esclusivamente geometrici.

augmented with algebra, trigonometry, and analytical geometry and the field of mechanics reached the maturity to handle the concepts of equilibrium and stability that Archimedes introduced was Book II seriously studied. It then became the standard starting point for scientists and naval architects examining the stability of ships and other floating bodies».

⁵⁹ Ταῦτα δὲ τὰ συμπτώματα τῇ φύσει προϋπῆρχεν περὶ τὰ εἰρημένα σχήματα, ἡγνοεῖτο δὲ ὑπὸ τῶν πρὸ ἡμῶν περὶ γεωμετρίας ἀνεστραμμένων οὐδενὸς αὐτῶν ἐπινενοηκότος ὅτι τούτων τῶν σχημάτων ἔστιν συμμετρία ([13], v. I, p. 3), ([14], p. 71).

7. Conclusioni

Se proviamo ad applicare all'ambito storiografico quanto Thomas Kuhn attribuisce ai processi di crescita della conoscenza scientifica⁶⁰, possiamo trovare un'interessante chiave di lettura della storia interpretativa di Archimede e, più complessivamente, della scienza ellenistica. Ammettiamo innanzitutto che l'originaria tradizione dossografica si è andata costituendo in coincidenza con la decadenza del pensiero scientifico, sostituito gradualmente da visioni metafisiche più o meno ispirate all'aristotelismo o al platonismo. Nell'ottica kuhniana dovremmo allora aspettarci che, fino a quando non si determini una fase di pensiero "rivoluzionario" che modifichi tale paradigma, tutte le analisi critiche e storiografiche, svolgendosi all'interno del paradigma dato (ispirato alla tradizione dossografica), presenti i caratteri tipici della "scienza normale": si diriga cioè a risolvere quei "rompicapo" derivanti dalle contraddizioni esistenti tra le ipotesi paradigmatiche (da conservare) e i dati di fatto emergenti dai pochi testi originali. È proprio ciò che sembra sia effettivamente avvenuto, se si riflette sui nodi problematici che abbiamo fin qui esposto e che ricapitoleremo tra poco.

Riteniamo, a questo punto, tuttavia, di dovere esprimere preliminarmente in maniera esplicita la nostra diffidenza verso ogni pretesa, sia metodologica che di merito, di attingere a verità incontrovertibili o comunque di pervenire a risultati definitivi e stabili. Non solo perché nel caso specifico i documenti originali sono rari e le affermazioni concernenti i fatti da loro sottesi sono pertanto affette da un alto grado di congetturalità⁶¹, ma anche per una ragione forse più profonda. La circostanza, cioè, che una brutta elencazione di eventi, quand'anche ritenuti certi, non parlerebbe ancora un linguaggio comprensibile nel presente fino a che non venisse dato loro un ordine intelligibile e significativo, ordine sempre relativo e soggetto al continuo mutare dei punti di vista⁶². Se questo è vero, allora bisogna dare merito alla storiografia fino ad ora prodotta, anche quella più rigidamente appiattita sulla tradizione dossografica, di avere costruito un quadro organico di riferimento entro cui le poche testimonianze acquistano intelligibilità. Solo a questo punto, con gli strumenti critici e conoscitivi già acquisiti è possibile e forse necessario un passaggio *rivoluzionario* verso un nuovo *orizzonte paradigmatico*. In questa direzione sembrano muoversi diverse valutazioni critiche venute alla luce negli ultimi anni, talora sotto forma di semplici osservazioni subito rientrate, tal'altra con un più incisivo avvicinamento al problema, qualche volta ancora con la dichiarata intenzione programmatica di modificarne i termini. Solo a titolo di esempio citiamo nell'ambito della prima categoria la preoccupazione espressa da Lloyd nei confronti delle «tentazioni che assalgono un certo tipo di storia della scienza – in

⁶⁰ Ci riferiamo alle posizioni espresse da Kuhn in [34].

⁶¹ Scrive Cambiano, al termine del più volte citato lavoro [12] sulla meccanica di Archimede e Archita: «Sono consapevole di aver così delineato una storia congetturale, ma, come ben sapevano i filosofi del Settecento, mancando dati e informazioni, siamo costretti a delineare storie congetturali. L'importante è che anche questa sia non del tutto inverosimile, ma in qualche modo compatibile con i pochi dati a nostra disposizione».

⁶² Gli autori non intendono qui esprimere un punto di vista necessariamente relativista. Tuttavia un discorso sulla conoscenza non può che attenersi ai contenuti della coscienza, indipendentemente dal fatto che si voglia o no supporre l'esistenza in sé di un ordine del mondo. Se facciamo riferimento specifico alla conoscenza storica, appare chiaro come anche termini del tipo "Ellenismo", "Medioevo" e tanti altri, non fanno che introdurre strutture mentali capaci di dare ordine e intelligibilità al materiale documentario, che altrimenti rimarrebbe al più una pura raccolta di aneddoti.

particolare la tentazione di esagerare la continuità nella storia della scienza e di rappresentarla come un singolo lineare sviluppo» ([28], p. 128). Un passo che acquista significato se si pensa come l'idea di uno sviluppo lineare della scienza abbia impedito di rilevarne la complessità dei percorsi, accomunando momenti e fasi forse non commensurabili tra loro, sotto la comune etichetta di *pensiero greco*. Tra i contributi più decisi e consapevoli va invece ricordato il già citato saggio di Cambiano che, ripercorrendo le origini della meccanica da Archita di Taranto ad Archimede, confuta in modo efficace il preteso platonismo che a quest'ultimo viene attribuito sulla scorta dei giudizi soprattutto di Plutarco e Livio. Naturalmente la più esplicita dichiarazione di rottura con le precedenti interpretazioni è quella di Russo, sulla quale però non riteniamo qui di soffermarci, avendone già diffusamente parlato in (Gentile e Migliorato [2], Migliorato [3])⁶³.

Ricapitoliamo ora dunque gli elementi fin qui raccolti. Analizzando la produzione scientifica di Archimede, abbiamo evidenziato alcune caratteristiche che sono difficilmente spiegabili quando si vuole legare l'opera del Siracusano ad una specifica visione metafisica, e in particolare ai grandi sistemi filosofici facenti capo a Platone e ad Aristotele. La questione riguardante i postulati ed il loro uso, così come emerge sia nel confronto fra i due libri del *De Fluitantibus* sia nelle spiegazioni che Archimede esplicita nelle lettere introduttive, è difficilmente spiegabile nell'ambito di una tradizione aristotelica che vuole assegnato ai postulati un carattere di assoluta verità. D'altra parte, la definizione di centro di gravità non appare in sé giustificata, ma piuttosto risulta assumere significato nel momento applicativo, sia per la ricerca di aree e volumi, sia successivamente per trovare condizioni di equilibrio di corpi di varie forme, il che mostra come Archimede si stia scostando non poco dall'apparato ontologico platonico. Entrambi questi nodi problematici si sciolgono nel momento in cui si reinterpreta l'opera del Siracusano svincolandola da una tradizione storiografica che lo vuole legato necessariamente ad una preesistente metafisica ed innestandola invece nel contesto culturale ellenistico. Di questo abbiamo visto già alcune caratteristiche nell'opera di Euclide, laddove questa tenta di dare un tipo di risposta nuova, cioè non mirata alla ricerca di una verità metafisica (che presupporrebbe una realtà non rilevabile empiricamente), ma piuttosto volta alla spiegazione dei fenomeni osservabili, tramite l'invenzione di modelli matematici. È in questa accezione che trovano spazio in Archimede tanto la tradizione quanto l'innovazione. Innovazione rispetto ai sistemi filosofici ed al loro modo di intendere la ricerca e i rispettivi oggetti di studio, e tradizione che

⁶³ Soprattutto in [3] sono chiaramente delineati elementi significativi di differenziazione rispetto al punto di vista di Lucio Russo, soprattutto sul piano epistemologico e metodologico. Gli autori ritengono infatti che l'approccio generale del Russo sia in qualche modo irrigidito da residui condizionamenti di stampo positivista che fanno vedere la scienza come un qualcosa di assolutamente e nettamente separato da tutto ciò che sta fuori di essa e costituisce la *non scienza* o la *pre-scienza*. Ciò indubbiamente può presentare provvisoriamente dei vantaggi metodologici, in quanto permette di marcare dei punti di forte discontinuità, facendo chiarezza su una prassi, storicamente consolidata, di supportare tesi continuiste utilizzando testimonianze di epoche abbastanza lontane tra loro e difficilmente commensurabili sul piano epistemologico, se non assumendo a priori quello stesso dogma della continuità che si vorrebbe provare. Allo stesso tempo, però si rischia di perdere di vista la ricchezza dei processi che preparano e seguono ogni mutamento di paradigma. L'ipotesi espressa in [2, 3] secondo cui la validità del quinto postulato di Euclide possa fondarsi sulla sua straordinaria efficacia nel fornire fondamenti rigorosi ad una preesistente tradizione geometrica, può chiarire quanto gli autori ritengono fondamentale l'apporto della tradizione pure nella discontinuità delle rivoluzioni scientifiche. Il caso poi di Aristosseno (cfr. nota 4) costituisce un esempio significativo delle situazioni problematiche e dei processi che contribuiscono a porre le condizioni di un mutamento di paradigma.

continua, apportando le proprie peculiari specificità, quella iniziata già presumibilmente da Euclide, ma che, per certi aspetti, porta ancora più indietro, almeno fino ad Eudosso, e che vede entrambi gli scienziati accomunati da una alternativa visione del mondo.

Riferimenti bibliografici

- [1] G. Gentile and R. Migliorato, "Archimedes between tradition and innovation", prossima pubblicazione.
- [2] G. Gentile and R. Migliorato, "Euclid and the scientific thought in the third century B.C.", *Ratio Mathematica*, **15**, 37-64 (2005).
- [3] R. Migliorato, "La Rivoluzione Euclidea e i «Paradigmi Scientifici» nei Regni ellenistici", *Incontri Mediterranei*, **11**, 3-24 (2005).
- [4] L. Borzacchini, *Il computer di Platone: alle origini del pensiero logico e matematico* (Dedalo, Bari, 2005).
- [5] I. Toth, *Aristotele e i fondamenti assiomatici della geometria: prolegomeni alla comprensione dei frammenti non-euclidei nel Corpus Aristotelicum nel loro contesto matematico e filosofico* (Vita e Pensiero, Milano, 1997).
- [6] L. Russo, "The definition of fundamental geometric entities contained in Book I of Euclid's Elements", *Arch. Hist. Exact Sci.*, **52**, n. 3, pp. 195-219 (1998).
- [7] L. Russo, *La rivoluzione dimenticata* (Feltrinelli, Milano, 2001).
- [8] P. Duhem, "ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ. Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée", *Annales de Philosophie Chrétienne*, **VI**, 113-139, 277-302, 352-377, 482-512, 561-592 (1908).
- [9] J. G. Droysen, *Geschichte des Hellenismus*, 2 voll. (Hamburg, Perthes, 1836-1843).
- [10] A. Sarritzu, "Aristosseno tra aristotelismo e nuova scienza", in questo stesso fascicolo.
- [11] W. R. Knorr, "Archimedes and the Elements", *Arch. Hist. Exact Sci.*, **19**, n.3, 211-290 (1978).
- [12] G. Cambiano, "Alle origini della meccanica: Archimede e Archita", *Arachnion. A Journal of Ancient Literature and History on the Web*, **2.1**, www.cisi.unito.it/arachne/num4/cambiano.html (May 1996).
- [13] J. L. Heiberg, *Archimedes Opera Omnia cum commentariis Eutocii. Iterum edidit Johan Ludvig Heiberg. Corrigenda adiecit Evangelos S. Stamatis* (Teubner, Stuttgart, 1972).
- [14] A. Frajese, *Opere di Archimede* (UTET, Torino, 1974).
- [15] C. Mugler, *Archimède* (Les Belles Lettres, Paris, 1970-72).
- [16] C. Mugler, "Archimède répliquant à Aristote", *Revue des Études grecques*, **LXIV**, nn. 299-301 (1951).
- [17] J. L. Heiberg and H. Menge, *Euclidis Opera Omnia, vol. VIII, Euclidis Phaenomena et scripta musica, edidit H. Menge, Fragmenta, collegit et disposuit I. L. Heiberg* (Teubner, Leipzig, 1916).
- [18] F. Incardona, *Euclide. Ottica. Immagini di una teoria della visione* (Di Renzo, Roma, 1996).
- [19] J. L. Berggren and R. S. D. Thomas, "Mathematical Astronomy in the fourth century B.C. as found in Euclid's Phaenomena", *Physis*, **XXIX**, 7-33 (1992).
- [20] A. Seidenberg, "Did Euclid's Elements, Book I, Develop Geometry axiomatically?", *Arch. Hist. Exact Sci.*, **14**, pp. 283-295 (1974).
- [21] W. S. Hett, *Aristotle minor works* (Loeb Classical Library, Harvard University Press, Cambridge, 1936).
- [22] M. Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages* (The University of Wisconsin Press, Madison, 1959).
- [23] T. Sato, "Archimedes' Lost Works on the Centers of Gravity of Solids, Plane Figures and Magnitudes", *International Journal of the History of Science Society of Japan*, **20**, pp. 1-40 (1981).
- [24] J. Renn, P. Damerow and P. McLaughlin, "Aristotle, Archimedes, Euclid, and the Origin of Mechanics: The perspective of Historical Epistemology", in *Symposium Arquímedes*, edited by José Luis Montesinos Sirera, 43-59 (Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2003).
- [25] A. G. Drachmann, "Fragments from Archimedes in Heron's Mechanics", *Centaurus*, **VIII**, 91-146 (1963).
- [26] E. J. Dijksterhuis, *Archimedes* (Munksgaard, Copenhagen, 1956).
- [27] A. Koiré, "De l'influence des conceptions philosophiques sur l'évolution des théories scientifiques", in *Etudes d'histoire de la pensée philosophique*, 256-269 (Gallimard, Paris, 1971).
- [28] G. E. R. Lloyd, *Methods and Problems in Greek Science* (Cambridge University Press, Cambridge, 1991); ed. italiana: *Metodi e Problemi della Scienza Greca* (Laterza, Roma, 1993).
- [29] O. Neugebauer, *The Exact Sciences in Antiquity* (Brown University Press, Providence, 1957); ed. italiana: *Le scienze esatte nell'antichità* (Feltrinelli, Milano, 1974).

- [30] L. Edelstein, "Recent Trends in Interpretation of Ancient Science", in *Roots of Scientific thought. A cultural perspective*, edited by P. P. Wiener and A. Noland, 90-121 (Basic Books, New York, 1957).
- [31] L. Geymonat, *Storia del pensiero filosofico e scientifico* (Garzanti, Milano, 1970).
- [32] M. Isnardi Parente, "Plutarco e la matematica platonica", in *Plutarco e le scienze*, edited by I. Gallo, 121-145 (Sagep, Genova, 1992).
- [33] C. Rorres, "Completing Book II of Archimedes's «On Floating Bodies»", *The Mathematical Intelligencer*, **26**, n. 3, pp. 32-42 (Summer 2004).
- [34] T. Kuhn, *The structure of scientific revolution*, second edition enlarged, with the "Postscript – 1969" (The University of Chicago Press, Chicago, 1970).

Giuseppe Gentile, Renato Migliorato
Università degli Studi di Messina
Dipartimento di Matematica
Contrada Papardo
98166 Messina, Italy

* **E-mail:** miglrt@unime.it

Presented: November 29, 2007
Published online: October 14, 2008